



جامعة سيدي محمد بن عبد الله
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

Royaume du Maroc المملكة المغربية

كلية الطب والصيدلة
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

Année 2019

Thèse N° 079/19

**RÉSULTATS DE LA RÉPARATION PRIMAIRE DES PLAIES
DU NERF MÉDIAN ET DU NERF ULNAIRE AU POIGNET
(à propos de 80 plaies)**

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 24/04/2019

PAR

M. IDRISSI Hicham

Né le 10 Mai 1994 à Fès

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

MOTS-CLÉS :

Plaie nerveuse–Nerf médian–Nerf ulnaire–Réparation nerveuse primaire–Poignet

JURY

M. MARZOUKI ZEROUALI AMINE..... PRÉSIDENT et RAPPORTEUR

Professeur agrégé de Traumatologie –Orthopédie

M. SOURTI ZOUHAYR.....

Professeur agrégé de Neurologie

M. SHIMI ABDELKARIM.....

Professeur agrégé d'Anesthésie Réanimation

} JUGES

PLAN

I. INTRODUCTION	7
II. Historique	8
III. ANATOMIE CHIRURGICALE DU TRONC NERVEUX	11
A. Les enveloppes conjonctives	11
1. L'épinèvre	12
2. Le périnèvre	12
3. L'endonèvre	13
B. Les fibres nerveuses	13
1. Les fibres nerveuses myélinisées	14
2. Les fibres nerveuses amyéliniques.....	16
C. Répartition fasciculaire.....	17
1. Fascicule anatomique et fascicule chirurgical.....	17
2. Systématisation.....	17
D. Vascularisation.....	19
E. Le tronc nerveux et son environnement	20
F. Anatomie des nerfs du membre supérieur	22
1. Le nerf médian	22
2. Le nerf ulnaire.....	24
3. Anomalies de distribution	26
4. Les anastomoses.....	26
IV. Physiopathologie de la lésion nerveuse	29
A. Classification	29
1. La neuropraxie	30
2. L'axonotmésis.....	30
3. Le neurotmésis.....	31
B. Régénération nerveuse	32
1. Dégénérescence wallerienne.....	32
2. Modifications proximales	33

3. Facteurs influençant la récupération fonctionnelle de la main	36
V. TECHNIQUES CHIRURGICALES	41
A. Les sutures	41
1. Suture épineurale	42
2. Suture interfasciculaire.....	44
3. Suture périneurale ou dite fasciculaire.....	45
4. Suture épipérineurale	46
B. Technique de De Medinaceli modifiée.....	48
C. Suture terminoterminal en V-Y.....	52
D. Suture terminolatérale.....	53
E. Neurotubes.....	55
F. Autogreffes	57
G. Allogreffes	59
H. Les adjuvants peropératoires à la réparation nerveuse	60
1. Le manchonnage veineux	60
2. La Colle biologique.....	62
3. Les lambeaux graisseux	63
4. Les biomatériaux.....	64
VI. Soins post-opératoires	65
A. Immobilisation post opératoire.....	65
VII. Rééducation.....	68
VIII. Matériels et méthodes	77
A. Type et période d'étude	77
B. Critères d'inclusion	77
C. Critères d'exclusion	77
D. Paramètres d'étude.....	78
E. Analyse des résultats	85
F. Fiche d'exploitation	87

IX. Résultats	93
A. Résultats épidémiolo-cliniques	93
B. Résultat sensitivo-moteur après réparation	103
1. Résultat sensitivo-moteur après réparation des lésions isolées du nerf médian ou du nerf ulnaire	103
2. Résultats sensitivo-moteurs après réparation des lésions médio-ulnaire.....	107
3. Comparaison entre les lésions isolées et les lésions associées du nerf médian et du nerf ulnaire	109
C. Evolution et complications post-opératoires.....	112
D. Séquelles	112
X. Cas cliniques	114
XI. Discussion	117
A. Les facteurs épidémiolo-cliniques.....	117
B. comparaison de nos résultats sensitifs et moteurs à la série multicentrique.....	121
C.comparaison de nos résultats sensitifs et moteurs à ceux de SAKELLARIDES et SEDDON	126
D.comparaison de nos résultats analytiques à ceux de Y. ALLIEU (1984), H. SAKELLARIDES, HJ. SEDDON et H. MILESSI (75) et à ceux de la série multicentrique	130
1. Résultats moteurs et sensitifs bons et excellents	130
2. Résultats moteurs et sensitifs utiles	133
E.comparaison entre les résultats sensitivo-moteurs des plaies isolées du nerf médian ou du nerf ulnaire et les plaies associées médio-ulnaire dans notre série et dans la littérature.	137
Conclusion	138
Résumé	140
Bibliographie	144

Liste des abréviations :

°C	: degré Celsius
AVP	: accident de la voie publique
Cm	: centimètre
Cm3	: centimètre cube
D	: droit
D2	: deuxième doigt
D3	: troisième doigt
D4	: quatrième doigt
D5	: cinquième doigt
DDP	: discrimination aux deux points
ECM	: extracellular matrix
F	: féminin
Fr	: fréquence
G	: gauche
HTA	: hypertension artérielle
Hz	: hertz
I	: intensité
Kg	: kilogramme
M	: masculin
Mg	: milligramme
ml	: millilitre
Mm	: millimètre
MP	: métacarpophalangienne
MRC	: medical research council

N	: nombre
NFS	: numération formule sanguine
NGF	: nerve growth factor
PDS	: polydioxanone
TCK	: temps de Céphaline Kaolin
TENS	: transcutaneous electrical nerve stimulator
TP	: taux de prothrombine

I. INTRODUCTION

Les plaies de la face antérieure du poignet siégeant entre le bord proximal du ligament annulaire antérieur du carpe et le quart inférieur de l'avant-bras associent souvent des lésions nerveuses, vasculaires et/ou tendineuses. Elles sont responsables de séquelles motrices et sensitives graves, de douleurs et d'intolérance au froid.

Les plaies nerveuses constituent une atteinte sévère du membre supérieur dont elles mettent en jeu le pronostic fonctionnel. Le degré de récupération nerveuse conditionne la fonction de la main, mais aussi la fonction globale du membre. Elles sont aujourd'hui considérées comme des urgences chirurgicales à part entière et doivent bénéficier d'une réparation microchirurgicale dans les heures qui suivent l'accident.

Nous rapportons une série de 80 plaies du poignet ayant entraîné une section complète des nerfs médian et/ou ulnaire. Cette étude rétrospective a pour but de rapporter les résultats sensitifs et moteurs obtenus après une réparation chirurgicale de ces nerfs et de définir les différents facteurs susceptibles d'influencer les résultats.

II. Historique

Des études fondamentales ont permis de préciser la structure histologique du nerf, sa vascularisation et sa physiologie (1).

- GALLIEN a d'abord distingué dans des études anatomiques les vaisseaux, le nerf, les tendons et les ligaments.
- WALLER s'intéressa au retentissement histologique d'une section nerveuse, et rédigea la description princeps de la dégénérescence wallérienne.
- ERB en 1876 décrivit la sidération nerveuse, qu'il baptisa « intermediate form » que SEDDON baptisa neuropraxie en 1943.
- CAJAL en 1906 a étudié la structure microscopique du nerf périphérique.

C'est durant les deux guerres mondiales, par la quantité des traumatismes des nerfs périphériques qu'elles ont causés, que cette chirurgie a évolué. Au début, toutes les lésions des nerfs périphériques étaient suturées bout à bout, des pertes de substance nerveuses étaient suturées sous tension et BABCOK, en 1927, écrivait qu'il avait réussi à suturer un nerf médian après une perte de substance de 17 cm.

Après la deuxième guerre mondiale, plusieurs écoles de chirurgie des nerfs sont nées.

- BUNNEL et BOYES en 1939 publient leur première série d'autogreffes nerveuses au membre supérieur.
- MEDAWAR en 1945 publie ses travaux sur la réparation nerveuse par fibrino-collage.
- SEDDON et ZACHARIY publient en 1954 les résultats d'une longue série de réparation nerveuse de plaies de guerre. Ils mettent au point une classification pour l'évaluation des résultats de la réparation nerveuse, la classification du « British Médical Research Council » fondée sur la

quantification de la récupération motrice et sensitive cotée de S0 à S4 en zone autonome.

- MOBERG, y ajouta des tests dynamiques (picking up test), des tests d'évaluation de la récupération sympathique (test à la ninhydrine) et enfin des épreuves de cotation de la discrimination sensitive.
- La notion de réparation primaire avait été prônée par BUNNEL (2) dès 1956 ; il rapportait alors une expérience à partir de milles réparation et concluait son étude ainsi : « il convient de suturer le nerf le plus tôt possible dans un environnement tissulaire propre. Cet environnement tissulaire est obtenu par parage immédiat. C'est dans ces conditions que peut être obtenu le plus rapide et le meilleur degré de régénération nerveuse. »
- SEDDON et NICHOLSON publient en 1957 leurs résultats sur le traitement des lésions des nerfs médian et ulnaire. Ils sont partisans du concept de suture périneurale en cas de perte de substance nerveuse modérée.

Ce principe de suture sous tension, a été combattu par MILESSI père de la greffe nerveuse moderne et dont les travaux ont apporté de nouveaux concepts grâce à l'introduction et à la vulgarisation de la microchirurgie.

- WYNN-PARRY est un pionnier de la rééducation sensitive qui a été ensuite développée par CURTIS.



Figure n 1 : Sterling Bunnell (1882–1957)



Figure n 2 : Hanno Millesi (1927–2017)

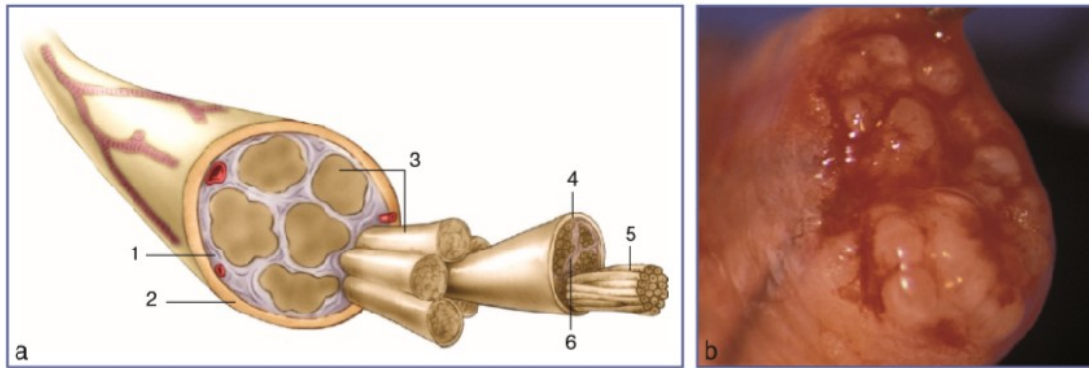
III. ANATOMIE CHIRURGICALE DU TRONC NERVEUX

Le tronc nerveux périphérique est constitué de structures neuro-épithéliales conductrices, d'enveloppes conjonctives séparant et entourant des fibres nerveuses groupées en fascicules. Chaque fibre nerveuse périphérique est constituée, soit de plusieurs axones non myélinisés, soit d'un seul axone myélinisé et d'une succession de cellules de Schwann qui entourent le ou les axones. L'ensemble axone - cellule de Schwann avec sa gaine de myéline est entouré de la membrane basale. L'ensemble membrane basale et son contenu constituent la fibre nerveuse (3).

La structure globalement identique d'un nerf à l'autre présente en réalité d'importantes variations quantitatives et qualitatives. Il faut opposer les petits nerfs comme les intercostaux qui comprennent 1500 fibres aux gros nerfs comme le médian qui comporte 20000 à 30000 et il faut distinguer les nerfs comportant un grand nombre de groupes fasciculaires comme le nerf médian au poignet avec 50 à 70 fascicules ou peu de groupes fasciculaires comme le nerf ulnaire au coude avec moins de 5 fascicules.

A. Les enveloppes conjonctives

C'est un tissu conjonctif spécifique qui assure le soutien et la protection du nerf. Son pourcentage varie de 22 à 88 % dans la constitution d'un nerf périphérique. Anatomiquement, il est réparti en épinevère, périnevère et endonèvre (figure n 3).

**Figure n 3:**

Structure du nerf.

a. 1, 2. Épinièvre. 3. Groupe fasciculaire. 4. Périnièvre. 5. Fibres nerveuses composées de fibres myéliniques et amyéliniques. 6. Endonèvre.
 b. Vue sous microscope de l'organisation fasciculaire d'un nerf cubital au poignet. Le groupe de fascicules à 6 heures est le contingent à destinée musculaire.

1. L'épinièvre

L'épinièvre représente un tissu conjonctif aspécifique situé à la périphérie et entre les groupes de fascicules nerveux. Il est en contact avec le tissu conjonctif ambiant séparant le nerf des structures voisines, représentant le premier manchon de protection mécanique du nerf.

Dans ses mailles, se trouvent les principaux vaisseaux sanguins extrinsèques. Il est plus abondant lorsque les fascicules sont petits et nombreux ou à proximité d'une articulation et dans la traversée d'un défilé anatomique.

2. Le périnièvre

Le périnièvre est une formation conjonctive spécialisée qui entoure chaque fascicule.

Le périnièvre maintient la pression intra-fasciculaire. Il réalise une véritable barrière de diffusion séparant le milieu endoneural en communication avec les espaces sous-arachnoïdiens et le tissu conjonctif ambiant. Il est enfin résistant à l'infection : s'il est intact, un nerf peut traverser une zone infectée sans être lésé.

Il représente donc le support structural spécifique du tissu nerveux.

3. L'endonèvre

L'endonèvre est un tissu conjonctif intra-fasciculaire délicat qui entoure les axones et les cellules de Schwann. Il se condense à la périphérie de chaque fibre pour former une membrane appelée tube endoneural.

B. Les fibres nerveuses

Les fibres sont motrices, sensibles ou sympathiques et sur le plan fonctionnel on distingue des fibres efférentes et des fibres afférentes.

Les branches à destinée musculaire ou cutanée des nerfs périphériques contiennent différents types de fibres.

On distingue deux variétés de fibres nerveuses périphériques : les fibres myélinisées et les fibres amyéliniques. Dans le cas de fibres amyéliniques, une cellule de Schwann correspond à plusieurs axones alors que pour la fibre myélinisée chaque axone est associé avec une seule cellule de Schwann.

Toutes les fibres motrices sont myélinisées. Parmi les fibres sensibles, certaines sont myélinisées, d'autres ne le sont pas. Les grosses fibres sensibles myélinisées véhiculent les sensibilités proprioceptives et les sensibilités provenant de l'activation des mécanorécepteurs cutanés (disque de Merkel, terminaisons de Ruffini, corpuscule de Meissner pour les différents déplacements cutanés rapides, et les corpuscules de Pacini pour les vibrations). Le dernier contingent de fibres amyéliniques des nerfs est fait de fibres post-ganglionnaires, sympathiques.

1. Les fibres nerveuses myélinisées

- L'axone est composé de cytoplasme (axoplasme) entouré par une membrane plasmique (axolemne), séparé de la membrane plasmique Schwannienne par l'espace péri-axonale (figure n 4).
- L'axolemne est une membrane plasmique apparemment banale et pourtant elle joue un rôle fondamental dans la propagation de l'influx nerveux le long de l'axone.
- L'axoplasme renferme essentiellement des neurofilaments et des neurotubules qui interviennent dans l'élongation et le maintien de la forme allongée des prolongements neuronaux, ainsi que dans le transport de matériel le long de l'axone.

Il faut souligner l'absence de certains organites indispensables à la synthèse de la plupart des macromolécules (polysomes, réticulum endoplasmique granulaire, appareil de Golgi), ce qui explique l'incapacité de l'axone à maintenir son intégrité lorsqu'il est séparé de son corps cellulaire, où sont localisés ces organites, car il ne peut couvrir seul l'ensemble de ses besoins.

Le transport axonal est bidirectionnel ; le transport orthograde se fait à des vitesses différentes (1 à 400 mm /jour) du corps cellulaire jusqu'aux terminaisons et un transport rétrograde se fait en sens inverse à la vitesse de 150 à 200 mm/jour.

Dans le sens proximo-distal, les principaux composants nécessaires à la croissance et au maintien de l'axone sont acheminés à des vitesses lentes (1 à 4 mm/jour), tandis que les composants destinés à rénover l'axolemne et des terminaisons sympathiques sont transportés beaucoup plus rapidement (200 à 400 mm/jour).

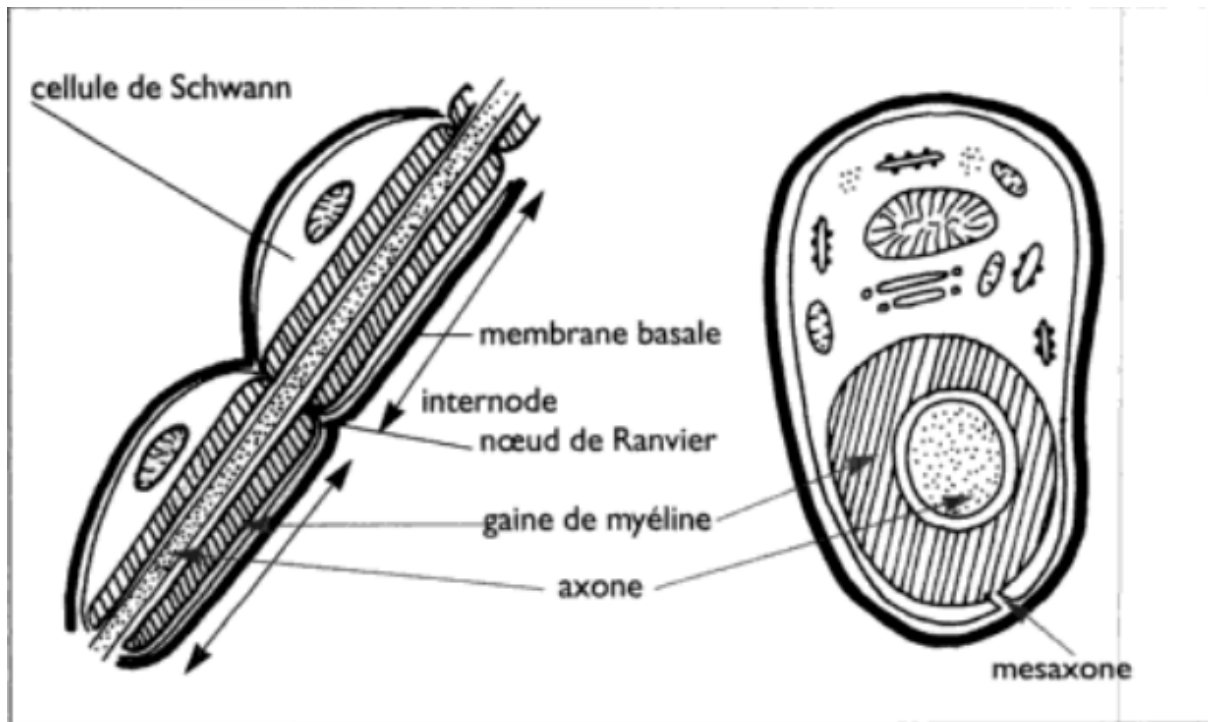


Figure n 4 : Fibre nerveuse myélinisée

- Les cellules de Schwann engainent les axones moteurs depuis leur émergence médullaire jusqu'aux jonctions neuromusculaires et elles engainent les axones sensitifs depuis les récepteurs sensitifs où ils prennent naissance jusqu'aux racines médullaires.

Limitée par une membrane plasmique sans caractéristiques particulières, la cellule de Schwann est recouverte par une lame basale qui en épouse les moindres contours. Dans la succession des cellules de Schwann qui enveloppe un même axone, la lame basale passe sans s'interrompre d'une cellule à l'autre, même au niveau des étranglements de Ranvier. Elle forme donc un tube continu tout au long de la fibre nerveuse.

Les cellules de Schwann sont stables : une fois réalisée, leur association avec l'axone ne se défait plus durant toute la vie.

Les cellules de Schwann interviennent comme support trophique de l'axone.

- **La gaine de myéline** d'aspect compact, présente en réalité une structure périodique : elle est composée par un empilement de lamelles. Chaque lamelle correspond à la juxtaposition de deux parties de la membrane plasmique Schwannienne qui, au moment de la myélinisation, s'est enroulée en spirale autour de l'axone.

La myéline n'est pas continue sur toute la longueur de l'axone : elle est segmentée et chaque interruption correspond à un étranglement de Ranvier.

La distance qui sépare deux étranglements consécutifs correspond au territoire occupé par une seule cellule de Schwann, l'entrenœuds.

Au cours de la conduction de l'influx nerveux, la gaine de myéline joue le rôle d'un isolant, ne permettant une activité électrique de l'axolemne que dans les régions où elle est absente : la fibre myélinisée n'est donc excitable qu'au niveau des étranglements de Ranvier et l'influx nerveux « saute » d'un étranglement à l'autre (conduction saltatoire), se propageant ainsi beaucoup plus rapidement que dans les fibres amyéliniques.

2. Les fibres nerveuses amyéliniques

Les fibres nerveuses amyéliniques sont majoritairement des fibres sensibles. L'axone possède un axolemne avec à l'intérieur des neurofilaments et des neurotubules. Il ne présente pas de modifications de diamètre dans toute sa longueur, contrairement aux nerfs myélinisés. Les cellules de Schwann sont en continuité l'une par rapport à l'autre. Une cellule de Schwann peut englober de 1 à 4 axones (figure n 5).

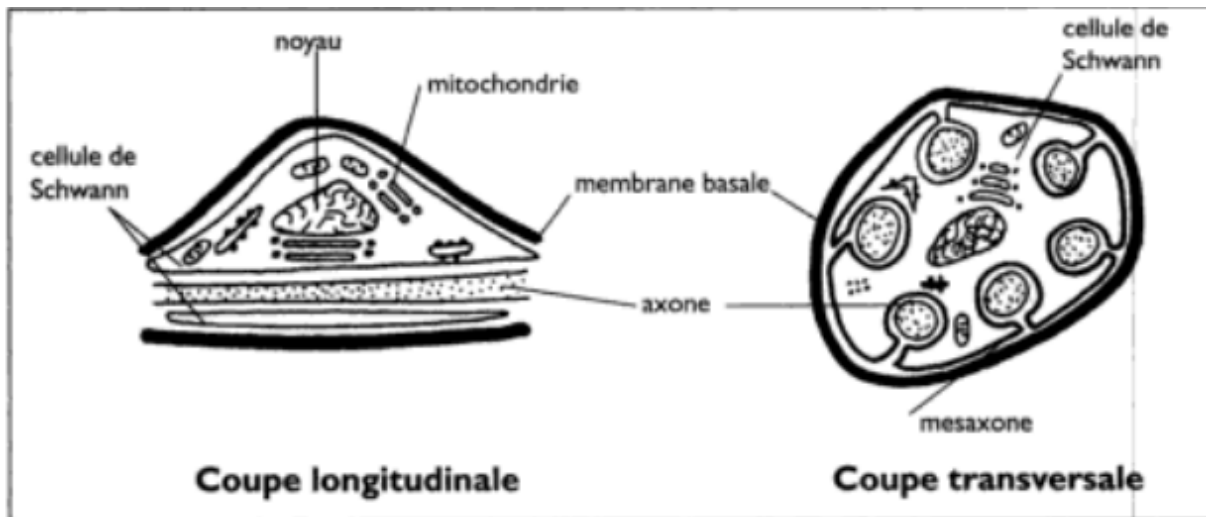


Figure n 5 : Fibre nerveuse amyélinique

C. Répartition fasciculaire

Le fascicule nerveux ou plus exactement le groupe de fascicules représente l'unité microchirurgicale du nerf périphérique.

1. Fascicule anatomique et fascicule chirurgical

Si l'on compare la vision microchirurgicale du nerf avec une coupe histologique au même niveau, les fascicules apparaissent beaucoup plus nombreux : certains sont en contact les uns avec les autres formant un véritable faisceau pluri-fasciculaire dont le chirurgien ne verra que la partie extérieure (4).

2. Systématisation

La taille et le nombre des fascicules varient constamment avec des changements notables dans la répartition fasciculaire se produisant sur une distance de 15 mm.

Les fascicules plus ou moins nombreux selon le niveau se divisent ou convergent réalisant une structure plexique. Ces échanges et variations positionnelles sont si nombreux que la correspondance des coupes histologiques ne peut être retrouvée que sur 5 mm (1). De plus, outre les échanges inter-fasciculaires, leurs situations varient en fonction de la région anatomique et de la

position du membre. Cela explique les difficultés et le caractère illusoire d'une cartographie valable pour tous les nerfs, d'autant plus que la répartition fasciculaire est variable d'un individu à l'autre et même d'un côté à l'autre.

La fasciculation est un phénomène progressif de la partie proximale vers la partie distale :

- **Loin des effecteurs**, l'appréciation exacte de l'orientation fasciculaire ne peut être établie qu'au moment de l'intervention, et pour chaque cas particulier.

Connaissant les variations de taille, de nombre et de position des fascicules, toute perte de substance nerveuse va mettre en contact deux structures de topographie différente. Les problèmes de sutures ou de greffes cherchant la correspondance fasciculaire sont complexes et souvent illusoires.

- **Près des effecteurs**, la fasciculation est plus sélective : la différenciation fasciculaire se produit avant l'origine réelle des collatérales et des branches terminales.

Les fascicules sont alors des fascicules simples ne comportant que des fibres de même destination. A l'opposé de la partie proximale, chaque fascicule véhicule des fibres motrices, sensibles ou végétative dont la destination terminale est différente. Cette fasciculation progressive et sélective impose à la partie distale une réparation fasciculaire avec orientation et correspondance précise.

Ainsi, au niveau du poignet, sur le nerf médian, les fibres motrices du rameau thénarien sont en position antéro-externe et les fibres sensibles sont localisées selon le premier, le deuxième et le troisième espace.

Pour le nerf cubital, cette notion de cartographie est intéressante à étudier en amont ou en aval de l'émergence de la branche cutanée dorsale.

D. Vascularisation

Le tissu nerveux périphérique est vascularisé à intervalles réguliers par des vaisseaux issus des artères des membres ou de leurs branches collatérales. Cette vascularisation est extrêmement variable selon les individus, le type de nerf et la région anatomique traversée (figure n 6).

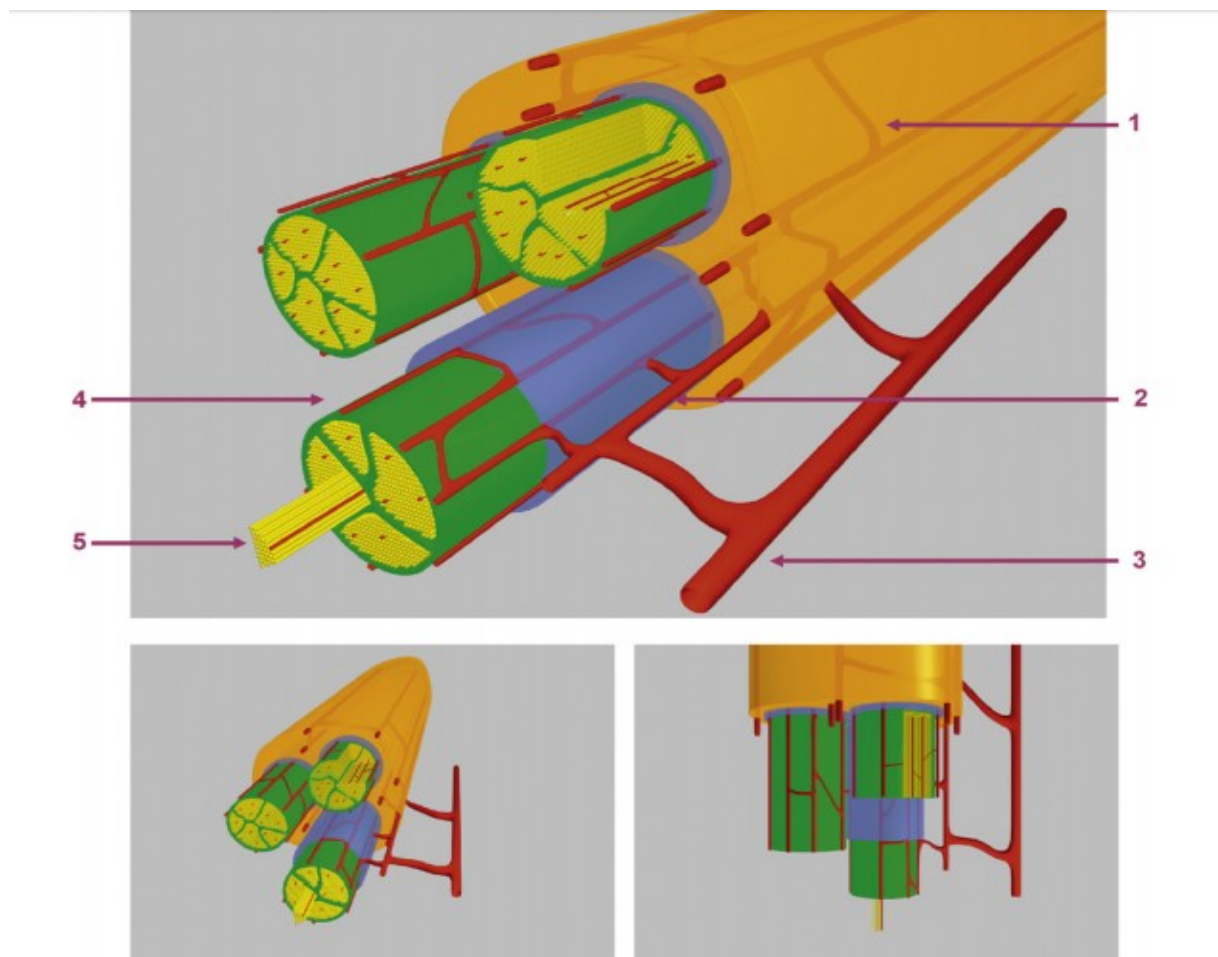


Figure n 6 : Vascularisation du nerf périphérique

- 1 : plexus vasculaire épineural 2 : vaisseau nourricier régional
 3 : vaisseau extrinsèque 4 : vascularisation périneurale
 5 : vascularisation endoneurale

(graphisme : J-P.Giot et P.Rigoard)

Le nerf est vascularisé par un système extrinsèque périfasciculaire et un intrinsèque intrafasciculaire, communiquant largement entre eux sur toute la longueur du nerf.

La vascularisation épineurale, réalise un très bon repère lors de la réparation chirurgicale.

Habituellement, les efférents veineux sont satellites des artères nourricières dans le mésonèvre et il existe une veinule par artère. Quelle que soit la situation du nerf, les veines se drainent toujours dans les vaisseaux profonds.

Ces vaisseaux ont un aspect hélicoïdal, tortueux, ce qui leur donne une réserve de longueur importante, leur permettant une excellente adaptation à un changement de position du membre et donc du nerf.

Les vaisseaux lymphatiques sont limités dans les tissus épineuraux et sans communication avec les espaces péri et endo-neuraux.

E. Le tronc nerveux et son environnement

Les nerfs périphériques empruntent des zones de transition, en général à proximité des articulations, où ils sont très vulnérables car soumis à des compressions répétées par les structures de voisinage (canal carpien, ...). Pour s'adapter à ces variations dynamiques de pression, d'étirement et de frottement, l'épinèvre devient abondant au niveau de ces zones de manière à protéger les fibres nerveuses. Par ailleurs, la viscoélasticité des nerfs ainsi que leur glissement longitudinal leurs permettent de s'adapter à la course articulaire sans perte de fonction (5).

Cette capacité de glissement, que comporte d'ailleurs tout nerf devant s'adapter aux variations de positions, lui est fournie par un appareil de glissement « le paranèvre », qui entoure le tronc nerveux. Une seconde possibilité de glissement est fournie par l'épinèvre, qui permet aux fascicules de glisser les uns sur les autres. La résistance du nerf à la traction est très importante, de 9 à 26 kg pour un nerf cubital. Le nerf est viscoélastique et présente une tension interne. Lorsqu'il est coupé, la simple élasticité du tissu entraîne une rétraction de plusieurs millimètres. Cette élasticité du nerf lui permet de s'adapter à la course articulaire sans perdre sa fonction. Jusqu'à un coefficient d'allongement de 5%, l'allongement du nerf n'altère pas la circulation. Entre 5 et 10%, il y a une diminution du flux sanguin réversible, puis au-delà apparaissent des lésions irréversibles.

Les fibres superficielles protègent les fibres les plus profondes. Les fibres myéliniques sont beaucoup plus exposées aux traumatismes que les fibres amyéliniques. Cela est dû à leur dimensions, les plus grosses étant les plus vulnérables, mais aussi au fait que la lésion peut intéresser soit la gaine de myéline soit la fibre nerveuse en totalité.

F. Anatomie des nerfs du membre supérieur

1. Le nerf médian

Issu des troncs secondaires antéro-externe et antéro-interne, il passe dans le canal brachial, puis passe en profondeur de l'expansion aponévrotique du biceps entre les deux chefs du rond pronateur et descend à la face profonde du fléchisseur superficiel des doigts. Il ne donne aucune branche dans son trajet brachial, mais innerve tous les muscles de la loge antérieure de l'avant-bras, à l'exception du muscle fléchisseur ulnaire du carpe et du fléchisseur profond de l'annulaire et de l'auriculaire. Au poignet il donne une branche sensitive ou branche cutanée palmaire. Il pénètre dans la main par le canal carpien, donne le rameau thénarien qui innerve le court abducteur du pouce, l'opposant du pouce, le chef superficiel du court fléchisseur du pouce et le premier et deuxième lombrical. Puis donne les nerfs interdigitaux qui donneront les nerfs collatéraux (6) (figure n 7).

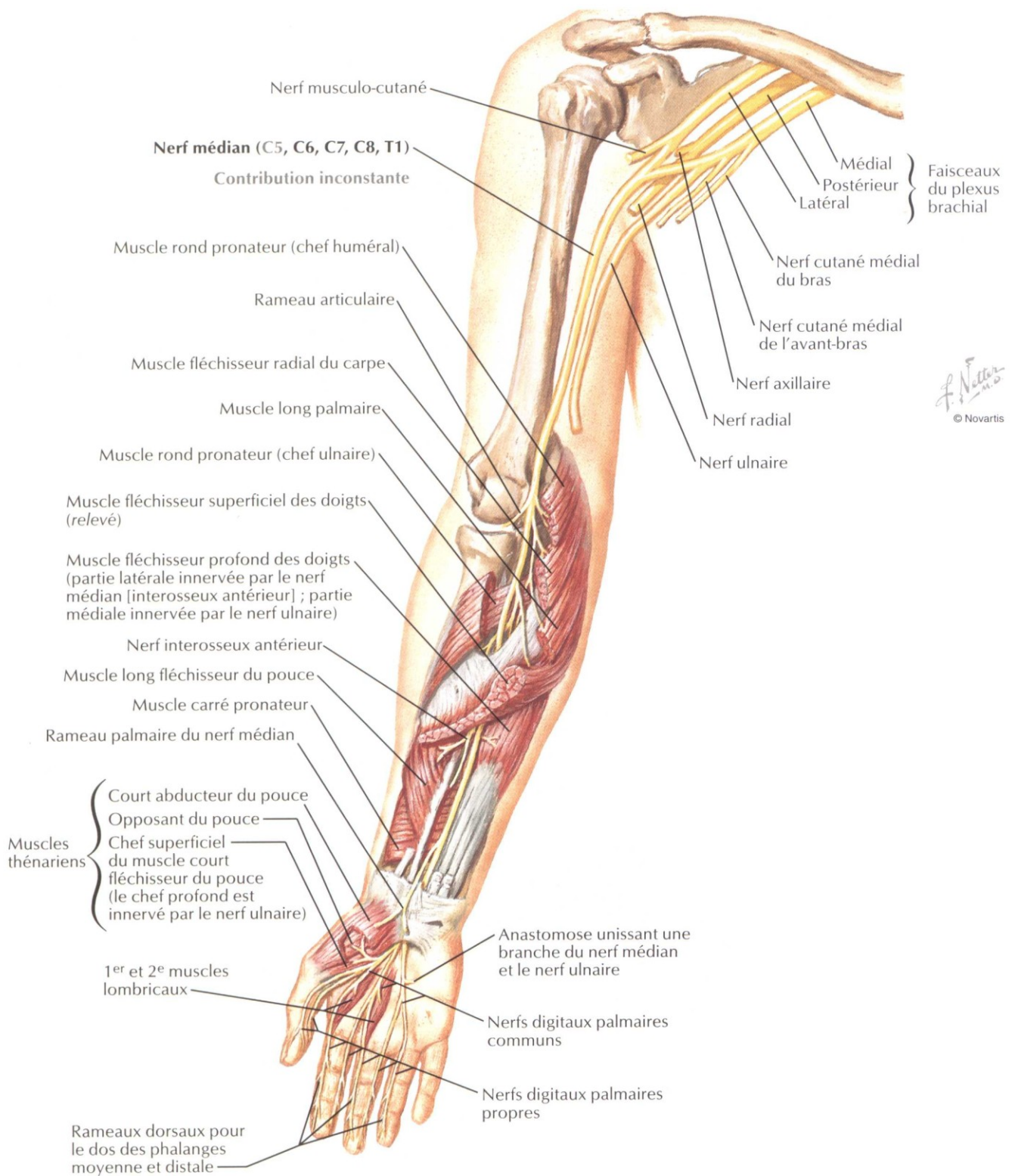


Figure n 7 : Anatomie du nerf médian (Atlas d'anatomie).

2. Le nerf ulnaire

Branche terminale du tronc secondaire antéro-interne, il descend dans le canal brachial, traverse le septum intermusculaire médial et s'engage en arrière de l'épicondyle médial entre les deux chefs du fléchisseur ulnaire du carpe. Il innerve le fléchisseur ulnaire du carpe et les fléchisseurs profonds de l'annulaire et de l'auriculaire. Au poignet il donne la branche interne dorsale pour le dos de la main. Puis pénètre dans la région palmaire dans la loge de Guyon, donne une branche motrice qui innerve les muscles de la loge hypothénar, le court palmaire, les muscles interosseux, le troisième et quatrième lombrical, l'adducteur du pouce et le faisceau profond du court fléchisseur du pouce. La branche sensitive donne le nerf interdigital du quatrième espace qui donne le nerf collatéral de l'annulaire et radial de l'auriculaire ; et le nerf collatéral ulnaire de l'auriculaire (figure n 8).

Vue antérieure

Note : seuls les muscles innervés par le nerf ulnaire sont représentés ici

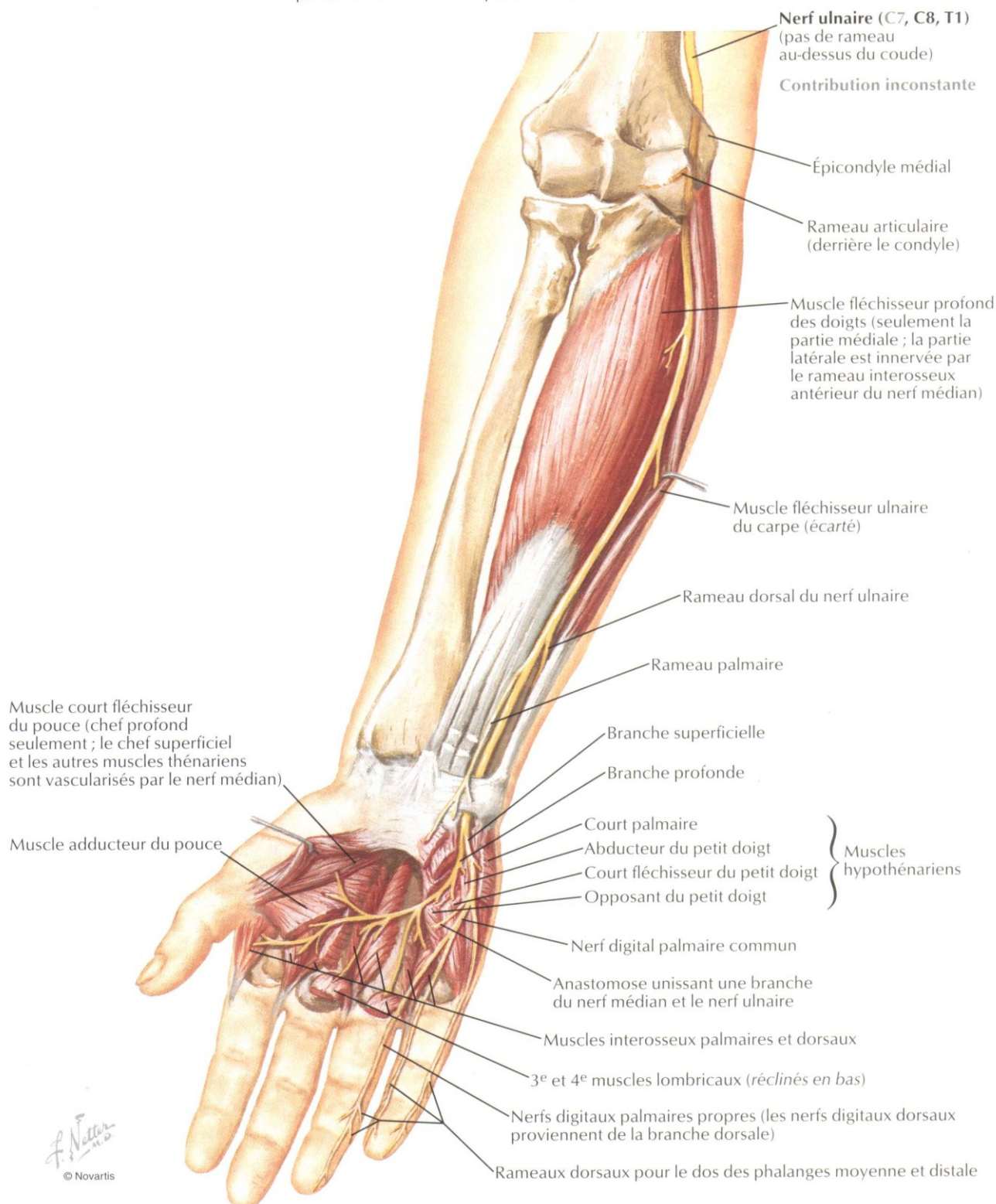


Figure n 8 : Anatomie du nerf ulnaire (Atlas d'anatomie).

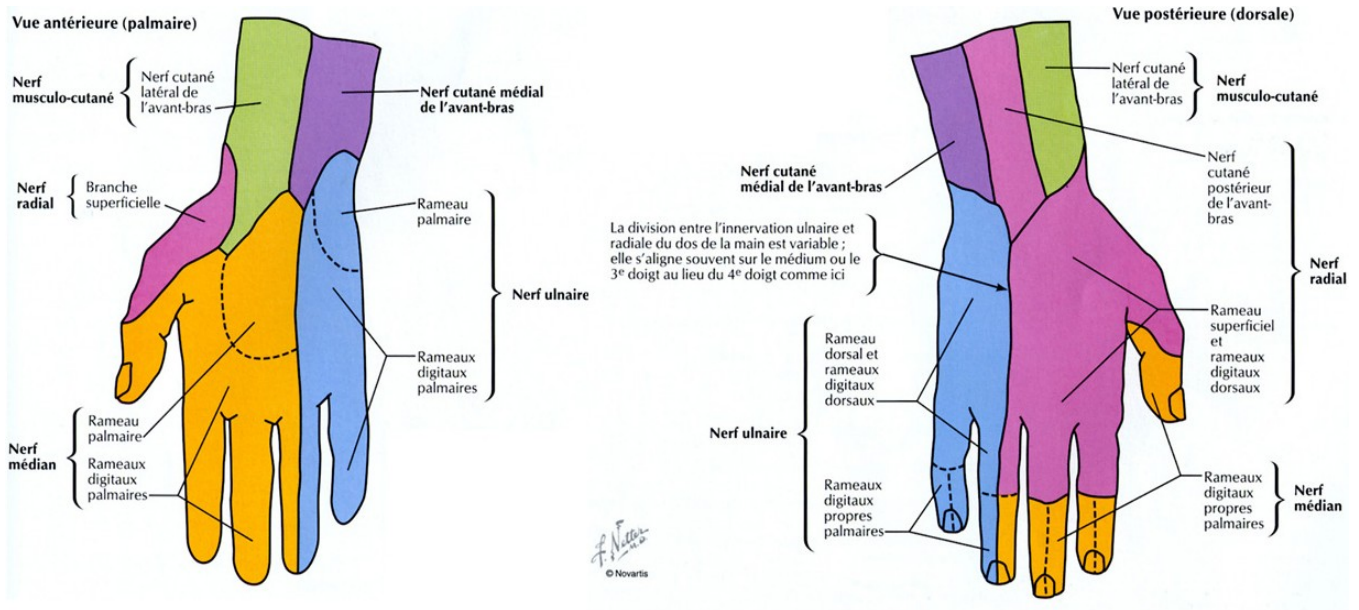


Figure n 9 : Territoires sensitifs de la main (Atlas d'anatomie).

3. Anomalies de distribution

La fréquence de ces anomalies a permis de mieux analyser les rapports entre un syndrome lésionnel tronculaire et les données du testing musculaire analytique distal. Elles sont fréquentes pour le médian et l'ulnaire, notamment au niveau de l'innervation des muscles thénariens, hypothénariens, interosseux et lombricaux.

4. Les anastomoses

Elles sont responsables des sections nerveuses de nerfs mixtes sans déficit moteur ; elles ont pu faire parler à tort « d'état de grâce » ou « de récupération providentielle » (1).

- Les anastomoses entre médian et cubital : ce sont les plus importantes. Elles sont souvent motrices et expliquent la conservation paradoxale de la motricité distale lorsque la plaie du nerf mixte siège en amont de l'anastomose. Il en existe trois :

- L'anastomose de Martin Gruber : c'est une anastomose antébrachiale inconstante. Cette anastomose est bilatérale seulement dans environ la moitié des cas. Dans les formes unilatérales, il existe une forte prédominance gauche. Cette anastomose est purement motrice.

Anatomiquement, c'est une anse à convexité supérieure disposée entre les corps musculaires des deux fléchisseurs communs dans le tiers proximal de la loge antérieure de l'avant-bras.

- L'anastomose palmaire superficielle : elle est constante et exclusivement sensitive. Elle relie les nerfs interdigitaux des troisièmes et quatrièmes espaces.
- L'anastomose palmaire profonde de Cannieu et Riche : elle est exclusivement motrice, entre la branche thénarienne du médian et la branche profonde motrice de l'ulnaire.

Par contre, aucun auteur n'a pu préciser si cette anastomose allait du médian vers l'ulnaire ou au contraire, de l'ulnaire vers le médian.

- Les autres anastomoses

- Anastomoses du nerf ulnaire :

Avec le nerf radial, à la face dorsale du poignet entre la branche cutané dorsale du nerf ulnaire et la branche sensitive du nerf radial.

Avec le brachial cutané interne au poignet.

- Les anastomoses du nerf médian :

Anastomose motrice au bras avec le nerf musculo-cutané (7)

Anastomose thénarienne entre le rameau cutané palmaire et les filets terminaux du musculo-cutané (7).

Avec le radial, au niveau de l'éminence thénar, entre rameau cutané palmaire et la branche sensitive du nerf radial.

IV. Physiopathologie de la lésion nerveuse.

A. Classification

Il existe trois types de lésions nerveuses : les sections, les étirements et les compressions (8).

- Les sections peuvent être plus ou moins complètes et plus ou moins franches. Elles sont le plus souvent dues à des plaies par bris de verre, arme blanche ou arme à feu. Elles sont rarement isolées et s'accompagnent de lésions tendineuses et/ou vasculaires.
- Les étirements peuvent survenir lors de fractures très déplacées. L'importance du déficit neurologique est fonction du degré d'étirement. Lors d'une traction, le périnèvre s'allonge et l'axone, qui était ondulant, prend un trajet rectiligne. La pression intra-neurale s'élève, aggravant les lésions sur l'axone et les éléments vasculaires. Si la traction se poursuit, l'axone s'étire et finit par se rompre puis successivement les gaines périneurales et épineurales se déchirent à leur tour.
- Les compressions peuvent être extrinsèques ou intrinsèques. Les compressions extrinsèques sont les plus fréquentes, comme au niveau du canal carpien pour le nerf médian.

Il existe deux types de classifications, celle de Seddon en trois stades (neuropraxie, axonotmésis, neurotmésis) et celle de Sunderland en cinq stades (tableau n 1).

Tableau n 1 : Classification de la lésion nerveuse selon Sunderland et Seddon.

Atteinte	Sunderland	Seddon
Conduction	1	Neuropraxie
Axone	2	Axonotmésis
Axone + membrane basale	3	
Axone + membrane basale + périnèvre	4	
Interruption de la continuité du nerf	5	Neurotmésis

1. La neuropraxie

Elle correspond au premier degré de Sunderland. La continuité axonale est ici respectée, la fibre nerveuse ne dégénère pas. C'est l'interruption momentanée de la conduction nerveuse qui se traduit par des lésions ne touchant que la gaine de myéline ou seulement une ischémie transitoire sans traduction histologique détectable. La récupération ad integrum est de règle. L'atteinte motrice prédomine : dissociation sensitivo-motrice.

L'arrêt de la transmission de l'influx est dû à des facteurs ioniques, vasculaires et/ou mécaniques. Les neuropraxies d'origine ionique ou vasculaire peuvent récupérer en quelques heures ou quelques semaines. Les neuropraxies mécaniques, suivant leur gravité peuvent entraîner une dégénérescence localisée de la myéline dont la régénération nécessite deux mois.

2. L'axonotmésis

Elle correspond à une interruption des axones avec des gaines nerveuses plus ou moins lésées. L'axonotmésis correspond au deuxième, troisième et quatrième degré de Sunderland.

- Dans le deuxième degré, la lésion touche l'intégrité anatomique de l'axone, sans interruption du tronc nerveux ; il y a hyperhémie et œdème endoneural à l'endroit de la lésion. Il y a dégénérescence axonale, mais la basale est intacte. La récupération se fera ad integrum selon le degré et la durée de la compensation. Seul l'effet d'épuisement dans la repousse nerveuse peut empêcher une récupération ad integrum.
- Dans le troisième degré, les tubes endoneuraux sont détruits. Une repousse nerveuse est encore possible mais avec des risques d'erreur. La récupération fonctionnelle sera toujours incomplète.
- Dans le quatrième degré, seul l'épinèvre reste intact. La cicatrice des tissus va entraîner une fibrose qui rendra la repousse nerveuse beaucoup plus aléatoire, pouvant réaliser dans les formes majeures un névrome en continuité. La récupération fonctionnelle sera très pauvre, voire nulle.

3. Le neurotmésis

Il correspond au cinquième degré de Sunderland. Il correspond à une interruption de tous les éléments constitutifs du nerf périphérique avec deux causes possibles :

- Des sections franches nettes ou plus ou moins contuses
- Les ruptures, notamment au cours d'une fracture et le type en est la rupture du nerf radial au bras, post fracture de l'humérus.

Lors des traumatismes par étirement, on peut retrouver sur les différents fascicules du nerf des lésions de degrés variables.

B. Régénération nerveuse

Le nerf périphérique après une lésion, subit une dégénérescence wallerienne du bout distal, associé à des modifications proximales qui aboutissent à la régénération nerveuse (9,10).

Après une à deux semaines de dégénérescence, l'extrémité proximale de l'axone subit une phase de régénération, qui dure de deux à dix mois et qui est marquée par un bourgeonnement. Si ce bourgeon rencontre une bande de Bungner, les cellules de Schwann qui la constituent se retubuliseront autour de la repousse axonale et la remyéliniseront. Si le bourgeon ne rencontre pas de cellule de Schwann, mais du tissu conjonctif, il s'atrophie ou bien forme un névrome.

Le but de la réparation nerveuse est donc d'aligner le mieux possible les extrémités nerveuses pour obtenir le meilleur contact possible entre les bourgeons axonaux proximaux et les bandes de Bungner distales correspondantes.

1. Dégénérescence wallerienne

- Les premières vingt-quatre heures :
 - Dégénérescence de l'axoplasme avec désorganisation, rétraction de la myéline et élargissement des nœuds de Ranvier.
- Troisième au cinquième jour :
 - Dégénérescence, fragmentation de la gaine de myéline. La désintégration des axones est complète.
- A partir du cinquième jour :
 - Prolifération des cellules de Schwann qui formeront les cordons de Bungner au bout de deux semaines.
- A partir du huitième jour :

Digestion de la gaine de myéline par les cellules de Schwann qui ont acquis une propriété macrophagique. La lame basale ne subit pas de modifications ainsi

que la vascularisation qui, au contraire, mobilise tous ses capillaires. Le volume du nerf en aval diminue d'environ 50% et apparaît une intense prolifération Schwannienne qui forme un renflement : le gliome.

2. Modifications proximales

- Dégénérescence rétrograde ou traumatique :

Le corps de la cellule nerveuse subit des modifications pour aboutir, soit à la régénération axonale, soit à sa dégénérescence et donc à la mort de la cellule nerveuse : d'autant plus fréquente que le traumatisme est juxta-médullaire et que la cellule nerveuse est sensitive.

Ces modifications traduisent une augmentation du métabolisme intracellulaire : anabolisme des protéines pour la repousse axonale qui atteint son rendement maximum au vingtième jour. Au niveau de l'axone, il dégénère jusqu'au nœud de Ranvier sus-jacent.

- Régénération nerveuse

La repousse axonale débute dès la vingt quatrième heure, ainsi l'axone donne naissance sous forme de petites fibres amyéliniques à un bourgeonnement axonique terminal à partir de l'extrémité de l'axone (terminal sprouting) et collatéral à partir du dernier nœud de Ranvier (collateral sprouting). De même, il existe une prolifération des cellules périneurales fibroblastiques et Schwannienne. Ces fibres formeront, soit avec les tubes de Bungner vides la nouvelle fibre nerveuse, soit un névrome qui traduit le non franchissement de l'axone vers le bout distal. Quand l'axone établit un contact avec un organe cible, le « sprouting » s'arrête (4) (figure n 10).

Puis, vers le quinzième jour, il y a une réapparition progressive de la gaine de myéline. La régénération des fibres amyéliniques est plus rapide car il n'y a pas de lyse de la gaine de myéline et leur diamètre est plus petit.

En l'absence de régénération, le fragment distal évolue vers l'atrophie fibreuse pendant les deux années suivantes, ainsi que les effecteurs surtout la plaque motrice subit une involution.

Grâce à l'arborescence des fibres de repousse axonale, au recrutement des plaques motrices non réinnervées, les chances de récupération restent importantes, pour le délai classique de six mois et réalisable jusqu'à deux ans surtout pour les terminaisons sensibles.

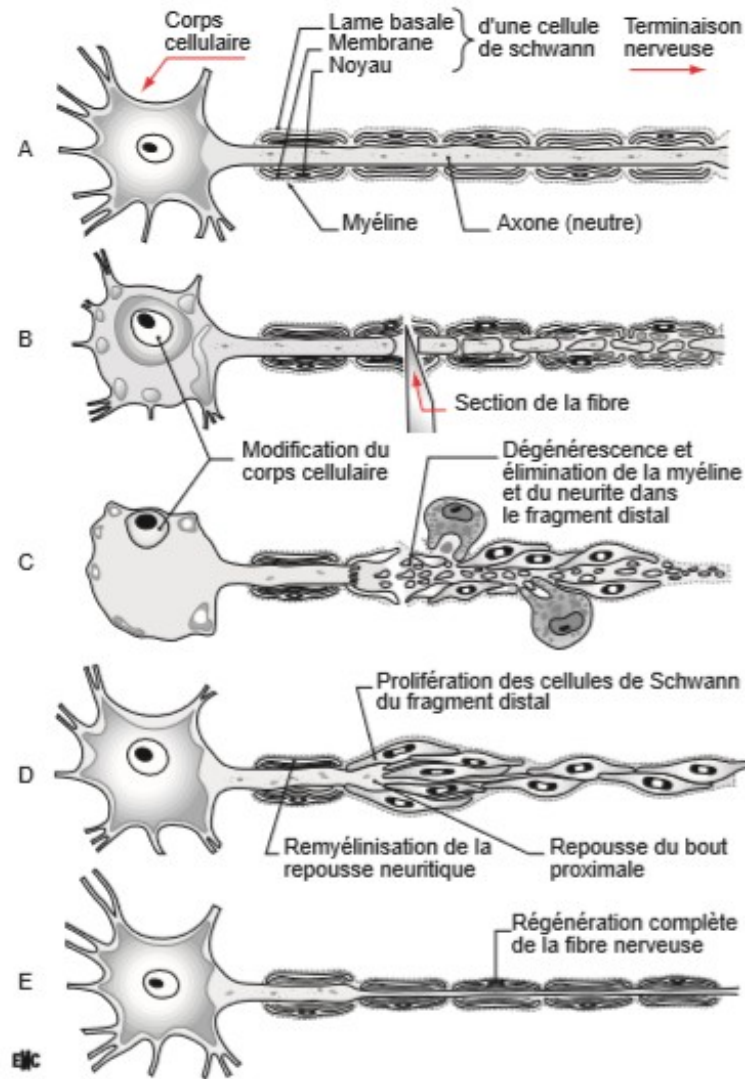


Figure n10 : Représentation schématique de la dégénérescence wallérienne et de la régénération nerveuse .

- A. Aspect normal.
- B. La section nerveuse entraîne une fragmentation distale de l'axone et de la myéline.
- C. prolifération des cellules de Schwann dans le fragment distal, les macrophages phagocytent les débris.
- D. Les cellules de Schwann du segment distal se sont alignées, formant le cordon de BUNGER. Le fragment proximal commence à repousser en donnant plusieurs axones qui sont entourés par le cytoplasme de cellules de Schwann.
- E. Connexion de l'axone avec la périphérie, maturation des fibres nerveuses. Les axones qui ne rejoignent pas un effecteur disparaissent.

3. Facteurs influençant la récupération fonctionnelle de la main (5)

Il faut distinguer la vitesse de régénération histologique de l'axone et la vitesse de récupération fonctionnelle sensitivo-motrice qui est la plus lente.

La vitesse de régénération axonale est d'environ un millimètre par jour (avec des maximas jusqu'à huit millimètres par jour). Elle est suivie cliniquement par le signe de Tinel, qui indique le point le plus distal atteint par la repousse des fibres sensibles : sensation non douloureuse de fourmillement provoquée par la percussion du nerf de distal en proximal.

La vitesse de repousse axonale permet d'établir un délai de récupération et donc un pronostic dans le temps. La qualité et la vitesse de récupération nerveuse peuvent être, de plus, influencées par de nombreux facteurs liés au patient, au traumatisme ou à l'intervention.

- Facteurs liés au patient

L'âge est de loin le facteur le plus important. Si des résultats proches de la normale sont fréquemment obtenus chez les enfants, ceux-ci décroissent rapidement avec l'âge en particulier après 40 ans. En matière de pathologie nerveuse ; « on est vieux à partir de dix ans » H.Bahri.

Plusieurs pathologies altèrent la qualité de la sensibilité, même en l'absence de lésion nerveuse, telles que le diabète ou l'éthylisme.

Une rééducation prolongée améliore nettement le résultat.

- Facteurs liés au traumatisme

Plus une lésion est éloignée des effecteurs terminaux et proche des corps cellulaires, plus mauvais sera le résultat après la réparation.

Le mécanisme du traumatisme est un facteur fondamental. Les sections nettes ont le meilleur pronostic. Les lésions par étirement, avulsion, arrachement, dilacération, écrasement ou contusion entraînent d'importantes lésions associées (tendineuses, vasculaire, osseuses) à haut potentiel de fibrose.

- Facteurs liés à l'intervention

La tension de la suture est très importante ; elle doit être suffisante pour bien affronter les deux extrémités nerveuses mais ne doit en aucun cas être excessive. Tenter de pallier une perte de substance nerveuse par une suture sous tension est un artifice technique auquel il ne faut jamais avoir recours car source irrémédiable de fibrose qui bloque la repousse axonale et conduit à l'apparition d'un névrome. Un télescopage (aspect en « tampon de wagon ») doit aussi être évité.

La nécessité d'une greffe nerveuse multiplie par deux les risques de fibrose sur la ligne de suture et donc influence d'autant le pronostic. Elle doit être effectuée sur un lit receveur de bonne qualité, ce qui la rend impossible en cas de lésions multi-tissulaires ou délabrantes.

Les erreurs d'orientation de la repousse axonale au site de la réparation nerveuse constituent le versant qualitatif des anomalies de la régénération au niveau du site lésionnel. Malgré une certaine spécificité de la repousse axonale qui peut être considérée comme hiérarchisée et les essais de cartographie intraneurale, les techniques microchirurgicales conventionnelles de réparation nerveuse sont à l'origine de repousses axonales fréquemment incorrectes dans leur finalité :

- erreurs de destination topographique, la repousse se trompant de muscle destinataire.
- repousse d'axones sensitifs dans des bandes de Bungner à destinée motrice, et inversement.

- Facteurs liés au délai de réinnervation

Au niveau du nerf périphérique la prolifération du tissu conjonctif intraneural entraîne une diminution de taille des tubes endoneuraux dont le diamètre peut atteindre 10 à 20 % de la taille normale. La repousse nerveuse a la possibilité de « dilater » ces tubes et les bandes de Bungner mais ne permettant pas un retour à leurs dimensions normales et ce d'autant plus que la réinnervation est tardive.

La diminution progressive du nombre de ces cellules de Schwann s'aggrave avec la durée de la dénervation. Si la régénération nerveuse survient mais tardivement (réparation nerveuse faite tardivement), la capacité mitotique des cellules de Schwann au contact des axones en cours de repousse et le processus de remyélinisation seront réduits. En cas d'absence de régénération nerveuse (échec ou absence de réparation nerveuse) les bandes de Bungner disparaissent avec leurs cellules de Schwann. Les fascicules nerveux sont alors remplis de tissus de collagènes. Les axones régénérés, en cas de réparation nerveuse trop tardive demeurent de plus petit diamètre qu'à l'état normal. Le diamètre des fibres nerveuses et la fonction étant liés, le résultat après réparation nerveuse trop différée en sera donc altéré.

L'interruption des fibres sensibles va occasionner des modifications dans le cortex somato-sensitif avec une réorganisation et en particulier une diminution de l'aire correspondante au nerf lésé. La récupération fonctionnelle nécessite le rétablissement d'une connexion périphérique après régénérescence des fibres nerveuses, la réinnervation des organes terminaux et la « recartographie » du cortex sensitif. Les représentations neuronales adjacentes vont alors commencer à entrer en compétition pour cette aire qui sera complètement « réoccupée » une semaine après la lésion.

La vitesse de dégénérescence des récepteurs sensitifs après lésion nerveuse va varier en fonction du type de récepteur. Le complexe des cellules de Merkel responsable de la sensibilité du contact fixe va dégénérer rapidement et parfois dégénérer complètement. Les corpuscules de Meissner responsable de la sensibilité du contact déplacé en surface vont dégénérer de façon plus lente et partielle avec des possibilités de réinnervation de façon efficace, après même des années de dénervation. Le corpuscule de Pacini responsable de la sensibilité du contact déplacé en profondeur persiste dans la peau après une lésion nerveuse, mais se modifie morphologiquement. Ces éléments sont en faveur de la nécessité d'une rééducation sensitive précoce, en insistant sur la fréquence et la durée de l'application des stimuli de manière à accélérer le développement de la nouvelle représentation corticale.

Le processus de réinnervation musculaire au niveau des plaques motrices varie avec le degré de gravité et l'ancienneté de la dénervation musculaire. Au fur et à mesure de l'aggravation des remaniements musculaires (atrophie des fibres musculaires, et fibrose péri et endomysiale), la proportion des plaques motrices « originelles » qui seront réinnervées va décroître. Les jonctions neuro-musculaires sont progressivement entourées et envahies par une prolifération fibroblastique et des dépôts de fibres de collagènes.

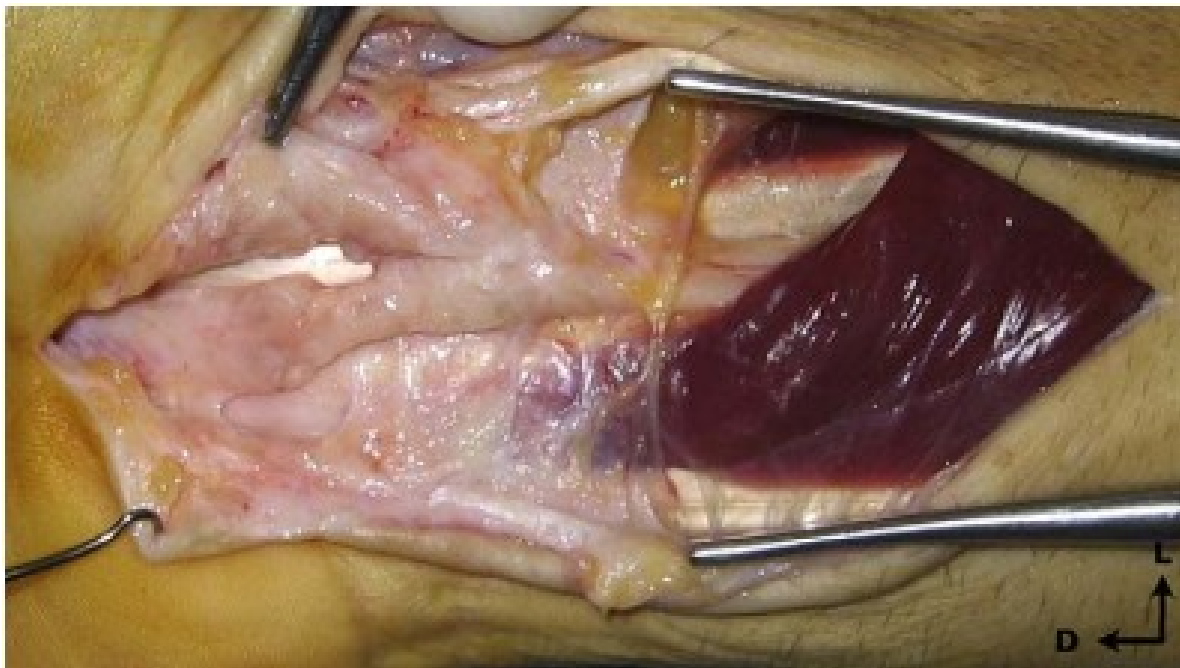


Figure n 11 : Névrome du nerf médian au niveau du poignet.

(N.GasseD.LepageS.RochetY.TropetP.GarbuioL.Obert (76)).

V. TECHNIQUES CHIRURGICALES

A. Les sutures

Le choix des techniques de suture a été l'objet de nombreuses et vives controverses. Ainsi, la suture épineurale a été longtemps la seule technique recommandée par la plupart des chirurgiens pour réparer les plaies nerveuses, à l'exception de Langley et Hashimoto (11) qui proposaient dès 1917 la réparation fasciculaire. Cette dernière fut largement popularisée par Tupper (12) lors de l'avènement de la microchirurgie.

Mais l'enthousiasme microchirurgical fut tempéré par les travaux expérimentaux de Bora (13, 14) et Cabaud (15) en 1976 qui démontrèrent qu'il n'y avait pas de différence entre les réparations par suture épineurale et périneurale et que l'accumulation des fils de suture au niveau du périnèvre provoquait une réaction à corps étranger créant un obstacle supplémentaire à la régénération nerveuse.

Les techniques microchirurgicales ont donné le sentiment aux chirurgiens qu'ils pouvaient impunément disséquer un nerf par dissociation interfasciculaire pour mieux affronter et suturer les groupes fasciculaires. Lundborg (16) a montré que cette dissection intraneurale était agressive car elle dévascularisait le nerf et créait une sclérose intense.

De même, la microchirurgie offre la possibilité d'isoler les groupes fasciculaires de l'environnement conjonctif qui est abondant. C'est pour faciliter la réparation nerveuse que Millesi a proposé de réséquer l'épinèvre sur quelques millimètres.

En réalité, la technique microchirurgicale a surtout contribué à faire respecter le nerf et son environnement et à minimiser le traumatisme chirurgical. C'est dans ce contexte qu'il convient de se garder d'être doctrinaires et d'opposer sans nuance suture épineurale et périneurale.

En fait, ces techniques sont souvent complémentaires et en fonction du traumatisme, il est nécessaire d'associer différents gestes pour améliorer la coaptation des groupes fasciculaires sans créer de désordres intra-neuraux majeurs.

1. Suture épineurale

Le point de suture épineural prend appui sur une structure conjonctive porte-vaisseau résistante.

Afin de détendre la zone de suture, nous débutons par un point postérieur épineural réalisé avec du Prolène ou de l'Ethilon® 7/0. Ce point offre ensuite un grand confort pour réaliser des sutures interfasciculaires voire périneurales.

Plus logique est la suture axiale épineurale décrite par Laugier et reprise par Tsuge (17) car elle s'ancre à distance de la zone de suture et déforme moins l'organisation interne du nerf comme le montre la théorie de Saint-Venant (18).

Cette suture réalisée avec une boucle résorbable de PDS 6/0 s'ancre dans l'épinèvre et protège la zone de réparation nerveuse de toute tension. Au terme de la réparation nerveuse, il est préférable d'assurer l'étanchéité épineurale avec des fils Ethilon® de 9 ou 10/0 qui seront, soit des points épineuraux stricts, soit des points épipérineuraux (figure n 12).

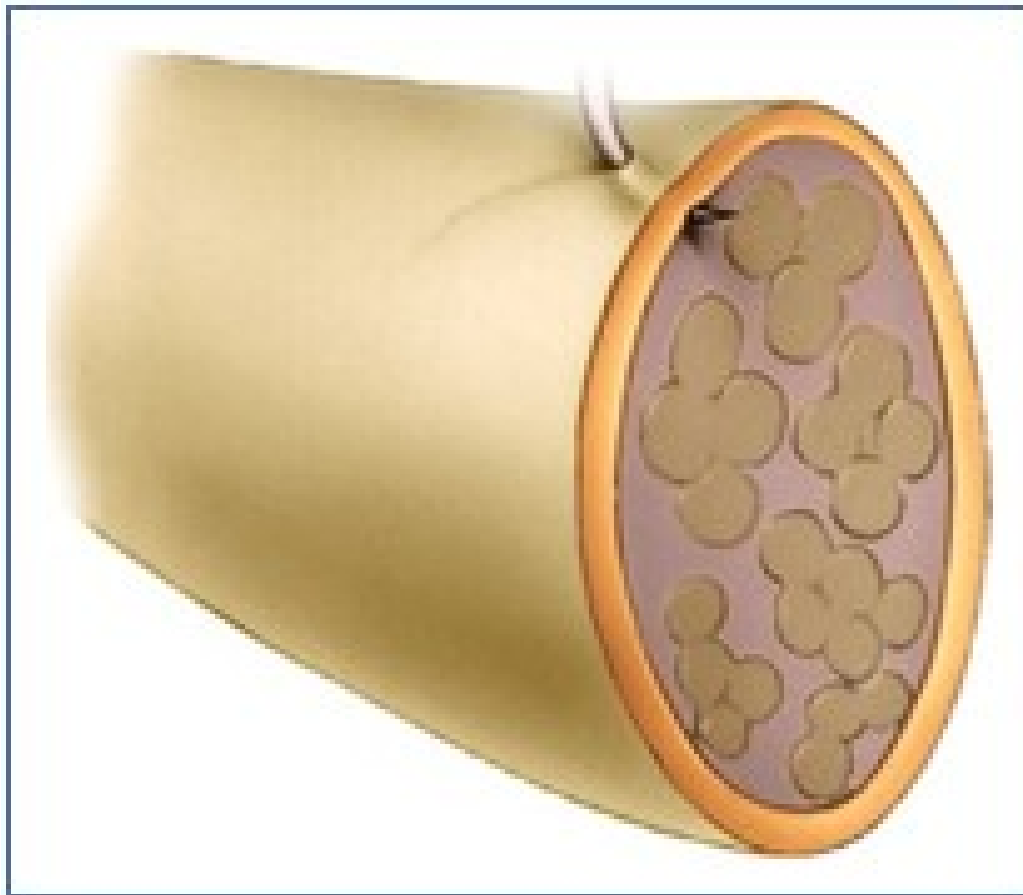


Figure n 12 : Suture épineurale.

(M. Merle, L. Vaienti ; plaies des nerfs (77)).

2. Suture interfasciculaire

La suture interfasciculaire est le point le plus atraumatique. Proposé par Michon (19), il a le mérite de cheminer dans le conjonctif épineural, de servir de véritable fil guide et d'assurer ainsi l'orientation globale des groupes fasciculaires. Pour faciliter l'introduction de l'aiguille entre les fascicules et éviter de léser le périnèvre, nous colorons les tranches de section nerveuse au bleu de méthylène. Cet artifice technique assure une bonne différenciation visuelle entre la substance neurale et le conjonctif. Ce type de suture combinée à la suture épineurale procure le plus souvent les meilleurs résultats des réparations des plaies franches des nerfs (figure n 13).

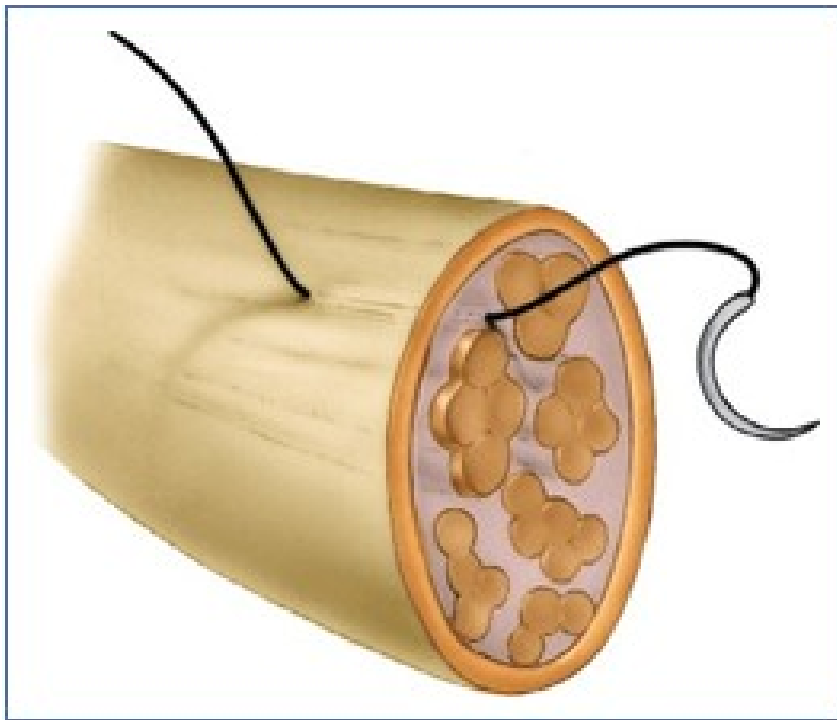


Figure n 13 : Suture interfasciculaire ou « fil guide » qui oriente globalement le nerf en cheminant dans le tissu épineural entre les groupes fasciculaires.

(M. Merle, L. Vaienti ; plaies des nerfs (77)).

3. Suture périneurale ou dite fasciculaire

En réalité, la réparation s'effectue à partir de groupes fasciculaires agglutinés. Les points de suture sont réalisés avec des fils de 10/0 ou 11/0 montés sur des aiguilles de 50 à 70 microns de diamètre.

La transfixion du périnèvre est délicate car cette enveloppe est à la fois élastique et résistante. Une manipulation intempestive du groupe fasciculaire va d'une part, léser le périnèvre et d'autre part, créer un effet de « corne d'escargot » ou de « tampon de wagon » préjudiciable à l'approximation fasciculaire en raison de la pression intraneurale.

Pour éviter de tels inconvénients, il est utile lors du passage du fil de réaliser un contre-appui avec une pince de microchirurgie. Le nombre de points de suture par groupe fasciculaire doit être limité. Si l'affrontement est de qualité, un seul point de suture peut suffire compte tenu de la contention supplémentaire assurée par les points interfasciculaires ou épineuraux.

La suture périneurale stricte n'est pas souhaitable car au lieu d'avoir cinq ou six groupes fasciculaires à suturer, le chirurgien a individualisé quinze voire vingt fascicules difficiles à affronter. L'intraneurodissection crée alors des dommages vasculaires auxquels va s'ajouter une réaction inflammatoire induite par le nombre important de points de suture (figure n 14).

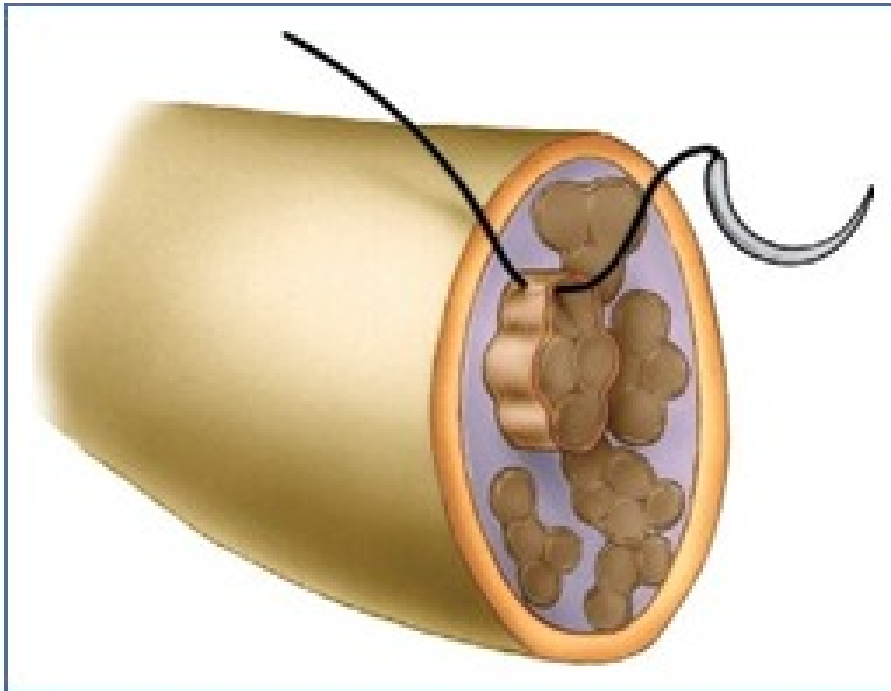


Figure n 14 : Suture périneurale ou fasciculaire.

Il s'agit en fait d'une suture d'un groupe de fascicules.

(M. Merle, L. Vaienti ; plaies des nerfs (77)).

4. Suture épipérineurale

Bourrel (20) a fait à juste titre la promotion de ce type de réparation. Le point de suture au fil 9 ou 10/0 charge l'épinèvre puis le périnèvre des groupes fasciculaires les plus périphériques. Cette technique a le mérite d'assurer une bonne approximation des groupes fasciculaires tout en restaurant l'étanchéité de l'épinèvre. Bourrel (21), en 1981, démontrait à partir d'une série de 109 cas de plaies des nerfs de la main que la suture épipérineurale avait fait passer les très bons et bons résultats à 64 % contre 34 % après une suture épineurale simple (figure n 15).

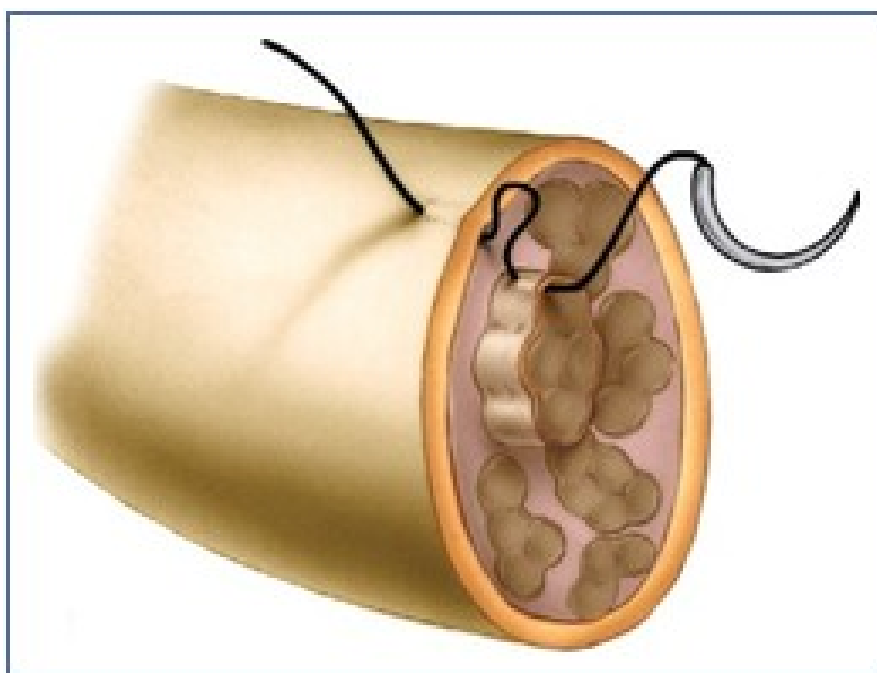


Figure n 15 : Suture épipérineurale.

Le fil de suture chemine de l'épinèvre à l'enveloppe du groupe fasciculaire.

(M. Merle, L. Vaienti ; plaies des nerfs (77)).

B. Technique de De Medinaceli modifiée

Pour aboutir à un affrontement idéal d'un nerf mixte (médian, cubital, radial), De Medinaceli propose une méthode qui réunit trois critères indissociables : l'amélioration de la recoupe nerveuse, la protection chimique du nerf et l'affrontement sans tension des extrémités nerveuses (figure n 16).

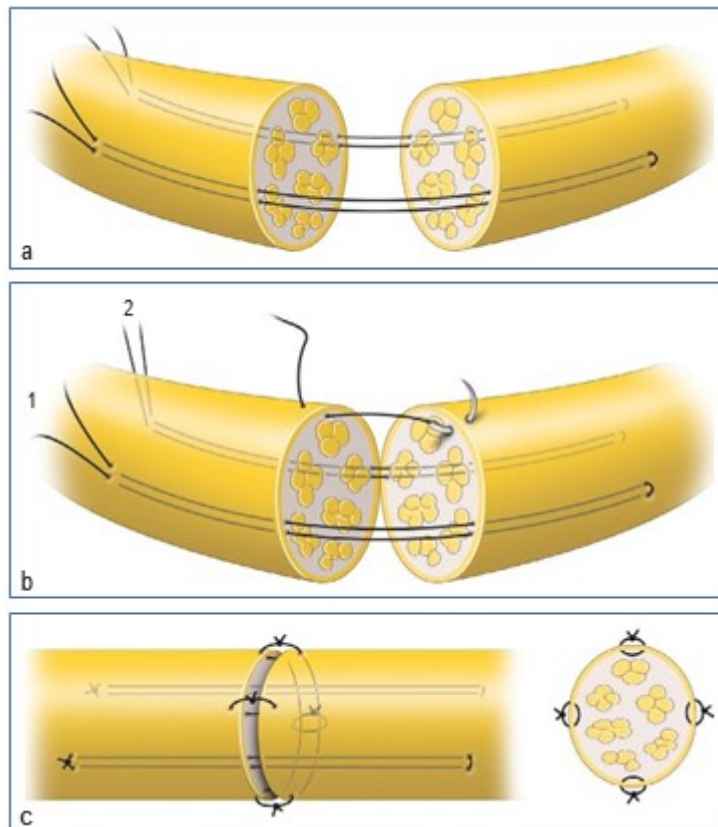


Figure n 16 : Suture selon la technique de De Medinaceli modifiée.

- a. Deux fils en boucle de Tsuge sont ancrés sur l'épynèvre à une distance double de la section du nerf à 5 et 7 heures (1 et 2).
- b. Les fils 1 et 2 sont noués pour obtenir un bon affrontement des deux extrémités nerveuses.
- c. Quatre points épineuraux de 9/0 assurent l'étanchéité de la réparation nerveuse et évitent les troubles rotatoires. Ces points peuvent être remplacés par une application de Tissucol®.

(M. Merle, L. Vaienti ; plaies des nerfs (77)).

Recoupe nerveuse

Les techniques habituelles de recoupe nerveuse altèrent le nerf car si les enveloppes épi- et périneurales sont solides, en revanche, le contenu est fragile, gélatineux. La recoupe du nerf à l'aide de microfaisceaux crée un écrasement voire une élongation certes limitée mais réels qui vont induire une nécrose. Gosset (22), Michon (19), Meyer (23) ont préféré des artifices maintenant le nerf dans une enveloppe de cellophane ou dans un système de pince guillotine puis ils le coupent avec une lame de rasoir. Même ces techniques ne sont pas parfaites car elles abandonnent des débris conjonctifs au niveau de la tranche de section.

Les meilleures recoupes sont obtenues en congelant le nerf rapidement et brièvement entre -2 °C et -5 °C . Mais pour les « gros nerfs » il est très difficile d'obtenir une congélation homogène sans altérer la structure même du nerf. Dans l'attente de techniques plus performantes nous privilégions la méthode de Meyer (23) qui utilise des clamps à nerfs de différents diamètres et qui, selon le principe de la guillotine, admettent une lame de rasoir (figure n 17).

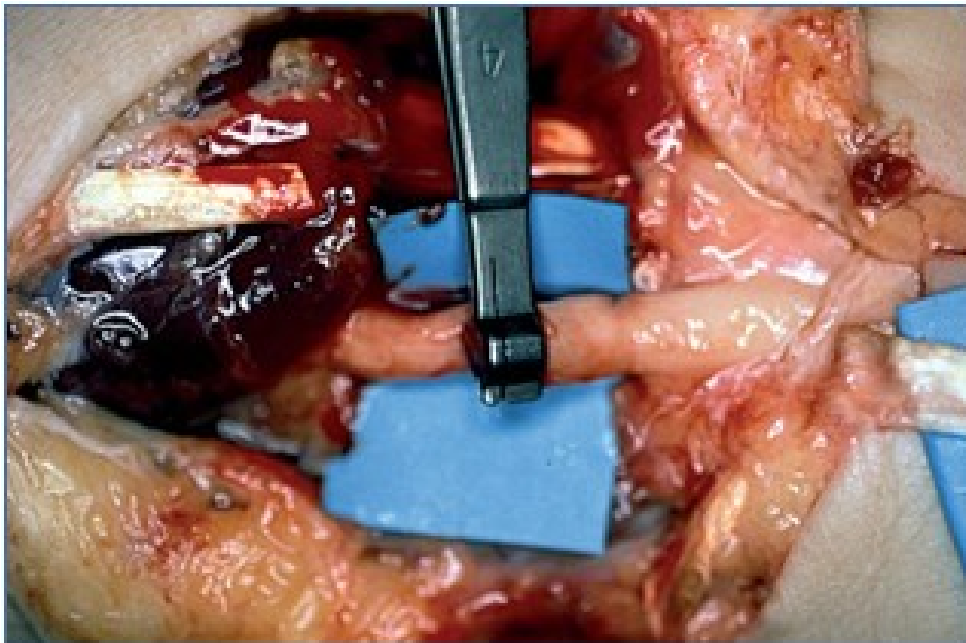


Figure n 17 : Recoupe de l'extrémité proximale du nerf médian avec le système « guillotine » de Meyer.

(M. Merle, L. Vaienti ; plaies des nerfs (77)).

Protection chimique du nerf

Pour éviter la fuite ionique et les altérations cellulaires, le nerf est imprégné de solution de Collins, qui lutte contre la fuite potassique. De Medinaceli (24) y ajoute de la chlorpromazine (Largactil®) pour protéger le nerf d'une invasion d'ions calciques (tableau n 2).

Tableau n 2 : Formule du liquide d'irrigation «physiologique» (Ringer–Largactil®)
pour 20 ml.

Chlorpromazine chlorhydrate	7 mg
Sodium chlorure	6 mg
Potassium chlorure	163 mg
Eau distillée	20 mL

Affrontement sans tension

La recoupe nerveuse étant franche et l'équilibre chimique du nerf temporairement préservé, il convient de réaliser un affrontement idéal sans introduire de matériel de suture qui viendrait altérer la structure même du nerf et créer des tensions indésirables.

En s'appuyant sur le principe physique décrit par Saint– Venant (18) en 1856, De Medinaceli montre qu'une force appliquée sur la tranche de section d'un tube plastique déforme seulement la structure au voisinage de la zone soumise à la traction. En revanche une traction appliquée à distance se répartit uniformément sur la tranche de section. Pour assurer un affrontement sans tension et sans déformation des extrémités nerveuses, il est fixé à distance un tuteur en matériau résorbable (PDS). Cette plaque est fixée à l'épinèvre par des points de suture situés à une distance égale à deux fois le diamètre du nerf réparé.

La qualité de l'affrontement, la préservation des qualités physiques et chimiques du nerf et l'absence de tension et de déformation des tranches de section nerveuse réduisent l'espace mort entre les extrémités à moins de 20 à 50 microns contre 100 à 300 microns avec une réparation conventionnelle. Pour des questions de brevet et de commercialisation ces plaquettes résorbables ne sont pas disponibles. Nous avons remplacé ces plaquettes en réalisant une ou deux sutures épineurales axiales avec le fil de suture de Tsuge. Si la coaptation est de bonne qualité elle sera stabilisée par 1 ou 2 cm³ de Tissucol® ou pour plus de sécurité par quelques points épipérineux de 9 ou 10/0 (25). Cette technique est tout particulièrement dédiée à la réparation des gros troncs nerveux.

C. Suture terminoterminal en V-Y

Dans les traumatismes par écrasement ou avulsion la réparation devient difficile et nécessite souvent une greffe secondaire. Au niveau des nerfs collatéraux digitaux, lorsqu'un des deux nerfs peut être suturé et que l'autre présente une perte de substance, il est préférable d'anastomoser les deux extrémités distales sur le même nerf proximal.

D. Suture terminolatérale

Viterbo a remis à l'honneur en 1992 (26) la technique de suture terminolatérale décrite au 19e siècle. Cette technique est surtout dévolue aux lésions irréparables des nerfs médian et ulnaire, au traitement des névromes douloureux, aux lésions du plexus brachial et aux lésions des nerfs digitaux (27). Le nerf receveur est recoupé en zone saine et sous microscope après une simple épi neurotomie du nerf donneur, la suture épineurale est réalisée sous microscope au fil 9 ou 10/0 (figure n 18) (28). C'est la régénération collatérale (*collateral sprouting*) qui est censée assurer le résultat en sachant que la continuité des groupes fasciculaires a été préservée. Voche et Quattara (29) ont rapporté en 2005 une série de neuf patients ayant bénéficié d'une suture terminolatérale des nerfs digitaux. Avec un recul moyen de 17 mois, ils obtiennent une discrimination statique aux deux points (SDDP) moyenne de 8,7 mm. Si cette technique peut s'avérer utile pour réparer les nerfs digitaux, elle donne, en revanche, des résultats imprévisibles pour les gros troncs (nerfs mixtes).

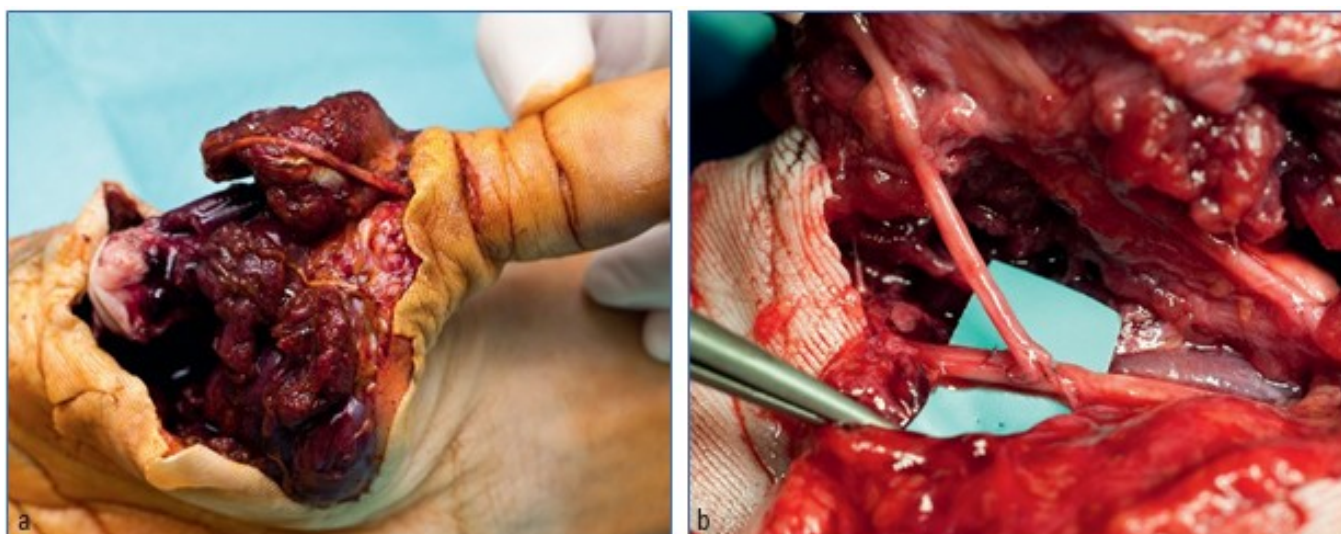


Figure n 18

- a. Explosion de l'éminence thénar par pétard.
- b. Le nerf collatéral cubital du pouce a été suturé en terminolatéral sur le nerf collatéral radial de l'index.

(M. Merle, L. Vaienti ; plaies des nerfs (77)).

E. Neurotubes

En 1982, Chiu *et al.* (30) ont rapporté des résultats fonctionnels satisfaisants en utilisant un greffon veineux pour traiter des pertes de substance nerveuses de quelques millimètres. En 1990, il précisait que les résultats étaient utiles pour des pertes de substance inférieures à 3 cm de nerfs cutanés sensitifs (31), mais ces résultats demeuraient toujours inférieurs à ceux obtenus par une suture directe sans tension. Smahel et Jentsch (32) ont proposé d'interposer un segment nerveux à l'intérieur du greffon veineux dans le but d'éviter le collapsus du greffon veineux et de stimuler la régénération nerveuse. Tang (33) a décrit une technique avec l'emploi de greffons veineux seuls ou avec une tranche nerveuse supplémentaire pour des pertes de substance de 5 mm à 5,8 cm pour des nerfs collatéraux ; les résultats fonctionnels sont satisfaisants. Ces observations ont été complétées par d'autres séries concernant des nerfs de plus gros calibres (nerf médian, nerf ulnaire, nerf radial). Ces résultats ont été confirmés par Calcagnetto et Braga-Silva (34) qui ne retrouvaient pas de différence significative sur le plan fonctionnel entre cette technique et la greffe nerveuse conventionnelle pour des pertes de substance nerveuse de nerfs collatéraux d'environ 15 mm. Cependant, Khouri (35) attire l'attention sur l'effet néfaste de la présence de fibroblastes et des résultats à distance potentiellement diminués par la fibrose, dans l'emploi de greffon veineux. Mais, cette technique a été rapidement abandonnée car chez l'adulte l'épaisseur des greffons veineux provoquait des réactions fibreuses extra- et intraluminales préjudiciables à la régénération nerveuse. En 1985 Restrepo (36) a démontré qu'un tube périneural vidé de sa substance était un bon support pour favoriser la régénération sur des longueurs de 15 mm.

En 1988, Mackinnon et Dellon (37, 38) ont publié des résultats bons et excellents en termes de récupération sensitive en cas de pertes de substance nerveuses inférieures à 3 cm au niveau de nerfs collatéraux digitaux en utilisant des tubes résorbables d'acide polyglycolique. Berger (39) tempère ces résultats et recommande l'emploi de ces tubes pour les nerfs sensitifs uniquement, les résultats étant moins favorables pour les nerfs mixtes (figure n 19).

D'autres matériaux, comme la silicone, ont été utilisés par Lundborg (40, 41, 42), avec des résultats similaires chez le primate. Personnellement, nous avons observé avec la silicone des réactions fibreuses péri- et endotubulaires qui entravaient la régénération nerveuse (43).

Taras (44, 45) a rapporté des résultats intéressants en utilisant un tunnel de collagène de type 1 d'origine bovine purifié, semi-perméable, pour une perte de substance moyenne de 12 mm de nerfs digitaux. Il obtient chez 59 % des patients une discrimination aux deux points inférieurs à 6 mm (S4) (46). C'est actuellement une des meilleures statistiques publiées. La moyenne des autres séries publiées pour des pertes de substance de 9 à 20 mm retrouve une cotation S4 chez 24 à 44% des opérés (47, 48, 49, 50, 51). Il y a eu une sorte de fascination du chirurgien à l'égard de ce concept de neurotubes. Rappelons que l'axone pour progresser a besoin de la membrane basale de cellules de Schwann et de facteurs de croissance (NGF). Cette technologie progressera probablement par l'adjonction dans le neurotube de nanofibres de peptides qui auront ce rôle de membrane basale, de cellules de Schwann autologues et de facteurs de croissance nerveuse comme l'a réalisé de manière expérimentale l'équipe de Lim et Ramakrishna (52).

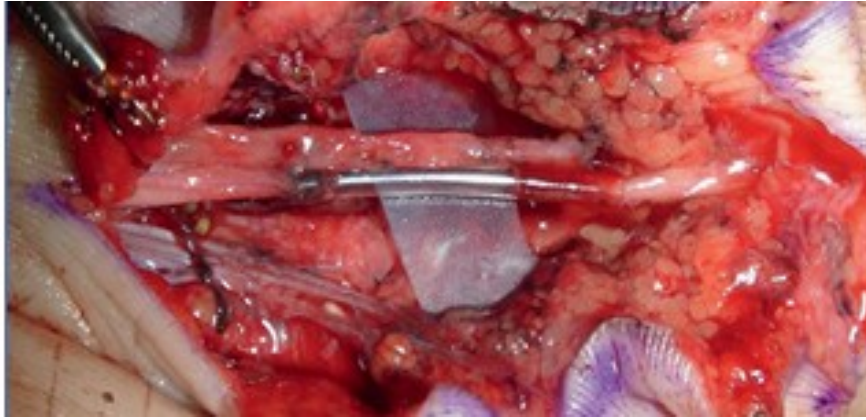


Figure n 19 :

Neurotube en acide polylactique réparant un nerf collatéral digital.

(M. Merle, L. Vaienti ; plaies des nerfs (77)).

F. Autogreffes

Il convient de séparer le traitement par autogreffe des pertes de substance des nerfs digitaux de celui des gros troncs nerveux.

La perte de substance est la conséquence d'un traumatisme par avulsion ou par écrasement. Réaliser une greffe autologue en urgence implique que sa revascularisation s'effectue grâce à un lit tissulaire de qualité qui a bénéficié de la réparation des axes vasculaires principaux, d'un parage le plus complet possible afin d'éviter la nécrose source de sepsis. Le temps important étant de déterminer le niveau lésionnel de l'axe nerveux et d'assurer sa résection en zone saine. En dehors des avulsions des nerfs digitaux rencontrées dans les *ring fingers*, la recoupe du nerf en zone saine est le plus souvent réalisable. La greffe des nerfs digitaux fait appel soit à un nerf interosseux postérieur ou antérieur, au nerf cutané latéral de l'avant-bras, au nerf brachial cutané médial ou à un nerf digital provenant d'un doigt- banque.

En revanche, pour les gros troncs nerveux, nous avons plus de difficultés à évaluer l'extension des lésions neurales et le plus souvent nous les sous-évaluons. Par ailleurs, réaliser une greffe fasciculaire en urgence d'un gros tronc nerveux au milieu de réparations tendineuses est en contradiction avec les protocoles de mobilisation protégée précoce. Il convient en urgence de fixer les extrémités nerveuses aux tissus environnants pour éviter la rétraction de leurs extrémités et de réaliser secondairement dans les 2 à 3 mois une greffe fasciculaire selon la technique de Narakas. La fixation des extrémités nerveuses peut également bénéficier d'un neurotube qui sera remplacé secondairement par une greffe fasciculaire (53, 54).

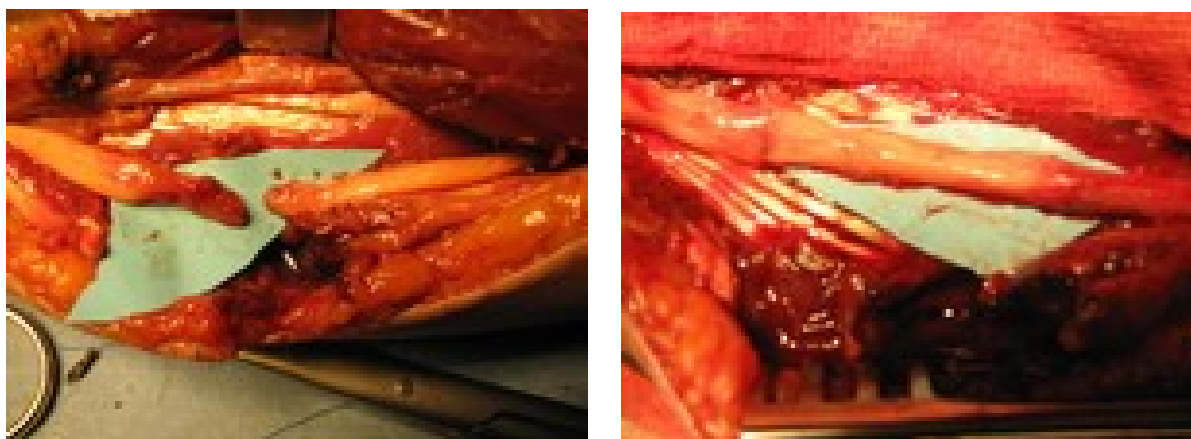


Figure n 20 : Greffe du nerf ulnaire au niveau de l'avant-bras.

([Http://www.drfrédéricteboul.com](http://www.drfrédéricteboul.com)).

G. Allogreffes

Traiter les pertes de substance nerveuse par une allogreffe sans recourir aux traitements immunosuppresseurs reste un formidable défi débutant en 1855 par Albert (55) qui réalisa les premiers cas cliniques avec des résultats médiocres. L'apparition des immunosuppresseurs nous poussa en 1980 avec Ch. Bour à expérimenter chez le chien le transfert d'allogreffe du plexus brachial, ce fut un échec car, à l'arrêt du traitement immunosuppresseur après régénération nerveuse, l'allogreffe dégénérait. C'est Mackinnon et son équipe (56) qui effectuent un prétraitement des allogreffes tout en plaçant le patient sous cyclosporine A ou tacrolimus et prednisone le temps de la régénération nerveuse. Les résultats fonctionnels sensitivomoteurs étaient peu convaincants et, par ailleurs, il était éthiquement peu acceptable de poursuivre l'utilisation d'immunosuppresseurs pour une chirurgie purement fonctionnelle. La véritable avancée est obtenue par décellularisation des allogreffes tout en préservant les structures extracellulaires (ECM) et l'architecture générale du conduit nerveux. Ce résultat a pu être obtenu par des procédés d'irradiation, de congélation-décongélation, de détersion.

H. Les adjuvants peropératoires à la réparation nerveuse

1. Le manchonnage veineux

C'est Raimbeau et son équipe (57) qui ont promu la technique de manchonnage veineux des sutures microchirurgicales des nerfs digitaux. La technique est simple et de réalisation rapide. Une veine est prélevée sur une longueur de 15 à 20 mm par une courte incision sur le dos de la main. Sous microscope, la veine est enfilée en chaussette sur l'une des extrémités du nerf. La suture est réalisée par 3 points de suture épipérineurale 9 ou 10/0. Le manchon est alors glissé sur la suture sans être fixé (figure n 21).

Dans une série de 53 manchons veineux réalisés sur 48 patients de 40 ans d'âge moyen et évalués avec un recul de 25,75 mois, Raimbeau *et al.* (58) ont pu observer qu'aucun des patients ne présentait de névrome douloureux ni d'exclusion fonctionnelle du doigt réparé. Le test de discrimination statique aux deux points (SDDP) était en moyenne de 10,3 mm. Le taux de satisfaction des opérés était de 96%. Si le manchonnage veineux n'améliore pas la qualité de la repousse nerveuse et ne diminue pas la sensibilité au froid, en revanche, il assure une indolence par l'absence de névrome douloureux. Par ailleurs, ce manchonnage veineux fait subsister un plan de glissement entre l'endoveine et l'épinèvre, facteur important qui explique l'absence de névrome douloureux. Les avantages de cette technique sont importants car son coût est nul au contraire d'un neurotube synthétique, la disponibilité de la veine est assurée dans le champ opératoire avec le choix approprié du diamètre. Sa biocompatibilité est parfaite et les séquelles esthétiques du site donneur négligeables.

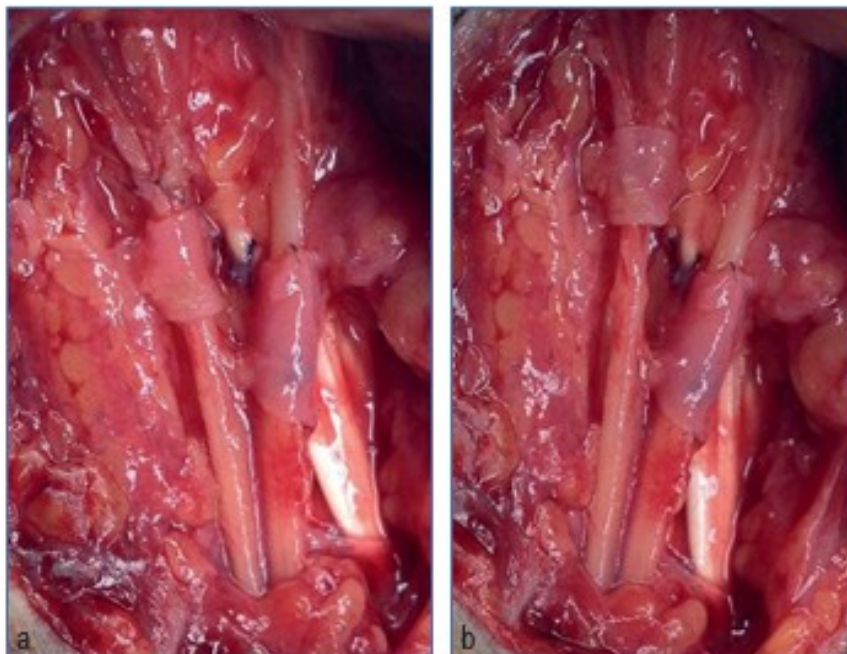


Figure n 21 :

Suture des branches de division du nerf radial au poignet.

- a. Les manchons veineux sont introduits en doigt de gant sur les deux extrémités proximales avant suture.
- b. Les manchons sont ensuite glissés en regard des sutures.

(M. Merle, L. Vaienti ; plaies des nerfs (77)).

2. La Colle biologique

A ce jour les colles biologiques ne sont pas considérées comme utilisables dans le cadre de la réparation primaire conventionnelle d'une plaie nerveuse car les forces de rétraction exercées sur la réparation sont supérieures à l'adhésivité des colles. En revanche, elles sont systématiquement utilisées lors de la réalisation de greffes fasciculaires.

Actuellement, on utilise la suture épipérineurale avec colle biologique car elle permet un bon affrontement et évite les invaginations fasciculaires. Le fil utilisé est en général un monofilament synthétique non résorbable de diamètre 9/0 ou 10/0. La colle est un adhésif à base de fibrinogène humain et de thrombine calcique d'origine bovine. Elle permet de diminuer le nombre de points de près de moitié (4 points, voire 6 points, pour un nerf médian au lieu de 8 à 10). Elle diminue aussi, et par ses propriétés propres, le risque de fibrose secondaire.



Figure n 22 : Colle biologique (TISSUCOL®).

3. Les lambeaux graisseux

Dans les traumatismes étendus et complexes du poignet, il est utile de séparer les réparations tendineuses des réparations nerveuses. D'une part, il faut s'efforcer d'appliquer un protocole de mobilisation précoce des tendons fléchisseurs et, d'autre part, favoriser le glissement des nerfs au voisinage des articulations. L'opérateur profitera de la réalisation de lambeaux pédiculés locaux (lambeau radial antébrachial, lambeau interosseux postérieur, lambeau cubitodorsal) pour enrober le nerf par un lambeau cellulograisieux. Quelquefois, si le carré pronateur est intact, il peut être pédiculé et peut donc séparer et protéger les différents plans tissulaires (figure n 23).



Figure n 23 : Protection du nerf médian suturé par un lambeau de carré pronateur antérograde (79).

4. Les biomatériaux

L'expérience de biomatériaux résorbables comme la cellulose hyperoxydée (Divide DePuy–Mitek) pour favoriser le glissement des tendons nous a convaincu de l'utiliser en urgence dans les réparations nerveuses (59). La feuille de Divide est enroulée autour de la réparation nerveuse sans être fixée.

VI. Soins post-opératoires

Nous avons pour principe de réparer en urgence toutes les lésions tissulaires avec des techniques qui sont compatibles avec une mobilisation précoce. Ce principe est appliqué le plus souvent lorsqu'il y a stabilisation des fractures, sutures tendineuses, anastomoses vasculaires et couverture de pertes de substance cutanée par lambeau. En revanche, on ne peut soumettre toutes les lésions nerveuses à une mobilisation précoce dans la mesure où la mise sous tension du nerf peut provoquer une désunion. Certes, on peut considérer au 8e jour post-opératoire la zone de réparation comme mécaniquement solide mais les tensions appliquées au nerf sont un handicap à la régénération nerveuse. Dans le cadre du traitement des plaies complexes de la main, les lésions nerveuses doivent inciter le plus souvent à retarder la mobilisation précoce.

A. Immobilisation post opératoire

Si la lésion nerveuse est isolée et ne comporte aucune lésion tendineuse associée, le poignet est immobilisé en position neutre pour une période de trois semaines, tout en autorisant la mobilisation active des doigts.

En revanche, si la lésion nerveuse est associée à des lésions tendineuses (fléchisseur radial du carpe [FCR], fléchisseur ulnaire du carpe [FCU]), l'immobilisation post-opératoire exige la confection d'une orthèse dorsale fixant le poignet en flexion à 30° pour une période de 4 à 5 semaines (figure n 24). Par ailleurs, une lésion des tendons fléchisseurs des doigts impose la mise en place d'une orthèse dorsale à 30° de flexion du poignet et à 45° des métacarpophalangiennes.



Figure n 24 : Orthèse statique antébrachiométacarpienne palmaire après suture du nerf ulnaire au poignet.

(M. Merle, L. Vaienti ; plaies des nerfs (77)).

Au début, le principe de la mobilisation active ou passive protégée selon les protocoles de Kleinert et Strickland, ou Duran était utilisé en post-opératoire immédiat. Nous sommes actuellement en recul sur cette attitude thérapeutique et nous retardons au 10e voire 15e jour post-opératoire les techniques de mobilisation protégée afin de laisser passer l'orage fibroblastique péri-tendineux et obtenir la cicatrisation de l'épinèvre. Au terme de l'immobilisation du poignet en flexion, il est important de ramener progressivement celui-ci en position neutre puis en dorsiflexion car durant les 3 à 4 semaines d'immobilisation, le nerf a nécessairement été fixé dans son lit tissulaire par les réactions cicatricielles. Accorder rapidement au poignet toutes ses possibilités de mobilisation crée au niveau du nerf des tensions importantes préjudiciables à sa régénération.

Le patient et son kinésithérapeute doivent, après réparation d'une plaie complexe au poignet, mobiliser avec beaucoup de prudence le poignet pendant les 5 à 6 semaines suivant la sortie de l'attelle. C'est à ce prix que les espaces de glissement entre les nerfs et les tissus environnants peuvent se rétablir sans créer de dommages définitifs à la repousse nerveuse.

Après une réparation cubitale et pour éviter ou diminuer le développement d'une griffe cubitale, il est important de faire porter au patient une orthèse antigriffe cubitale de type Zancolli (figure n 25) pendant la période de régénération nerveuse.

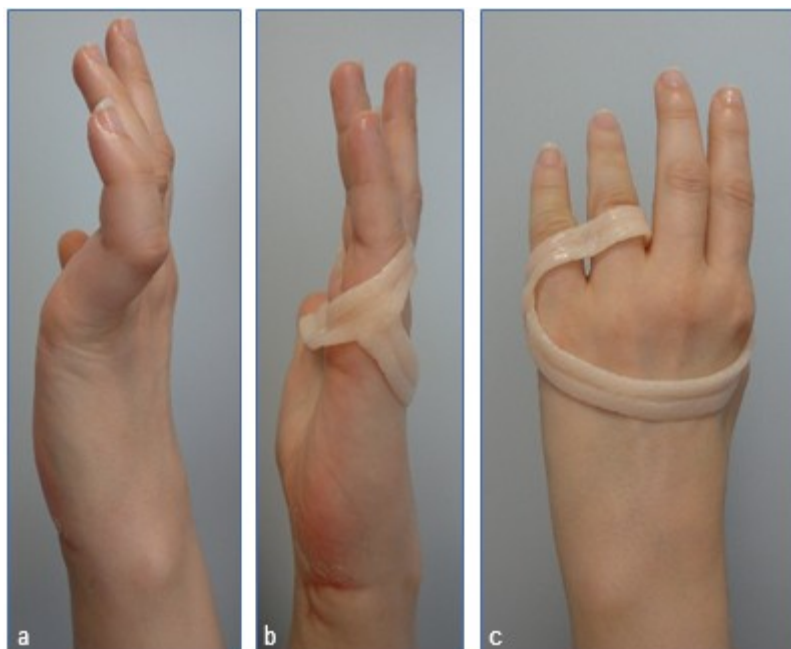


Figure n 25 :

a. Déformation en griffe par paralysie cubitale.

b, c. Durant la régénération nerveuse, la griffe est réduite par le port d'une orthèse statique restrictive dite «de Zancolli ».

(M. Merle, L. Vaienti ; plaies des nerfs (77)).

VII. Rééducation

Après réparation microchirurgicale des plaies nerveuses, la rééducation de la sensibilité est très rarement appliquée, presque ignorée, à côté des techniques de rééducation motrice et ce malgré les travaux de Möberg (60), Wynn Parry (61, 62) et Dellon (63).

Pourtant, cette technique est simple, mais elle demande beaucoup de temps. Les programmes de rééducation doivent se faire en équipe associant les compétences du kinésithérapeute et de l'ergothérapeute qui ont assimilé les grands principes de la dégénérescence et de la régénération nerveuse ainsi que les profondes modifications corticales après une plaie nerveuse.

Dans les minutes qui suivent une désafférentation due à une amputation ou à une plaie nerveuse, il se produit au niveau du cortex cérébral une réorganisation à la fois instantanée et longue des aires corticales somesthésiques. Il se crée un véritable « trou noir » dans la zone somesthésique du cerveau correspondant au nerf lésé. Cette aire corticale, qui est silencieuse et ne reçoit plus d'influx, va être colonisée et envahie par les aires corticales voisines. Durant la période qui suit le traumatisme et avant que la régénération axonale ne gagne la main, celle-ci n'a aucune sensibilité et n'envoie aucun influx au cerveau.

Malgré une réparation microchirurgicale de la plaie nerveuse, le processus de régénération va se faire, mais en multipliant les erreurs d'aiguillage ; ainsi, la peau de la main et des doigts ne sera pas réinnervée par les axones d'origine. L'influx qui sera transmis au niveau cortical ne correspondra en aucun cas au territoire d'origine, si bien que la représentation de la main et des doigts sera distordue. L'ancien territoire, dédié à la représentation corticale des doigts bien individualisés, va se modifier en une superposition des territoires de chaque doigt. En résumé, le nerf

n'arrivera pas à reconquérir son territoire d'origine.

Les erreurs d'aiguillage des axones modifient la cartographie de la représentation corticale de la main : celle-ci « parle » un nouveau langage au cerveau. Ce nouveau langage doit être interprété par le cerveau, ce qui implique un réapprentissage qui bénéficiera d'un programme de rééducation de la sensibilité.

Lundborg et Rosén (41) ont développé une importante stratégie pour valoriser les résultats sensitifs des réparations nerveuses. Ils ont prouvé que le protocole de rééducation doit débiter juste après la réparation nerveuse et bien avant que la réinnervation n'atteigne la main. La stratégie est de stimuler l'aire corticale correspondante au nerf lésé et de maintenir la représentation corticale de la main dénervée.

Les exercices de rééducation sont réalisés dans un 1er temps sous contrôle visuel et par comparaison avec le côté sain (principe du biofeedback et du miroir). Cette période est capitale pour éviter au patient l'exclusion de son membre ou « la main à la poche » en raison de l'anesthésie. Puis, dans un 2e temps, la rééducation s'effectue sans contrôle visuel et sans référence à une perception normale. Cette progression facilite l'apprentissage et évite de placer le patient en situation d'échec.

C'est une rééducation fatigante, car elle demande une grande concentration, aussi doit-elle être réalisée durant 10 minutes mais plusieurs fois par jour, dans un environnement calme et agréable.

En absence de sensibilité (S0) dans la zone autonome du nerf, la rééducation post-opératoire débute après la phase d'immobilisation rendue nécessaire par les lésions associées tendineuses et osseuses. C'est une phase où il n'y a pas de récupération sur le plan nerveux. La rééducation a pour but d'entretenir les articulations, les muscles, la peau, traiter les cicatrices et l'œdème, afin d'avoir la meilleure fonction possible en accord avec la récupération sensitive. Le

kinésithérapeute et l'orthésiste doivent réagir face aux déséquilibres tendineux entraînés par la paralysie en éduquant le patient au port des orthèses (64).



Figure n 26 : Orthèse de première commissure palliative au défaut d'opposition (77).



Figure n 27 : Orthèse de « winpari » stabilisatrice des MP et anti griffe cubitale (78).

C'est la phase où le thérapeute doit informer le patient que la rééducation va être longue en raison du temps nécessaire à la repousse nerveuse. Il doit aider le patient à prendre conscience de la nature des troubles sensitifs et de leurs conséquences fonctionnelles. Il doit lui expliquer le rôle de la rééducation sensitive afin qu'il participe, motivé, à son traitement. En raison de l'anesthésie, les risques encourus sont les brûlures, les gelures, les coupures qui vont mettre plus de temps à cicatriser.

Cependant, le patient doit continuer à utiliser sa main au niveau des zones sensibles (par exemple, en utilisant les fonctions du nerf cubital si le nerf médian est paralysé), afin que ne s'installe pas une exclusion tant au niveau des préhensions distales qu'au niveau cortical. Il suffit de modifier certains gestes comme la prise interdigitale par rapport à la pince pouce index (médian) ou grossir le manche de certains objets. Il doit compenser par le contrôle de la vue les régions insensibles et être particulièrement attentif aux endroits de pression s'il porte des orthèses.

C'est à ce stade S0 que doit débiter la phase de rééducation de la sensibilité en utilisant la vision, l'audition afin de développer les interactions corticales entre ces sens et le sens du toucher. Ainsi, le cortex moteur peut être activé uniquement en imaginant un mouvement appelé « image motrice ». Le fait de voir toucher sa main par lui-même ou un tiers, immédiatement après la réparation nerveuse, active la zone corticale grâce à l'interaction visiotactile. Ramachandran (65) a montré que cet effet peut être amplifié par la rééducation en miroir (figure n 28). Le miroir est placé perpendiculaire au patient ; la main paralysée est occultée et la main saine qui prend la même position que la main paralysée se réfléchit dans le miroir. La main saine touchée par le kinésithérapeute qui se réfléchit dans le miroir donne l'illusion de toucher la main blessée. Le patient a une perception tactile de la main blessée grâce à la combinaison de l'image en miroir avec le vrai toucher de la main saine.



Figure n 28 : La rééducation en miroir (65).

Lundborg et Rosén (66) ont développé le principe de l'interaction audiotactile en réalisant un gant équipé de microphones fixés à la face dorsale des doigts.

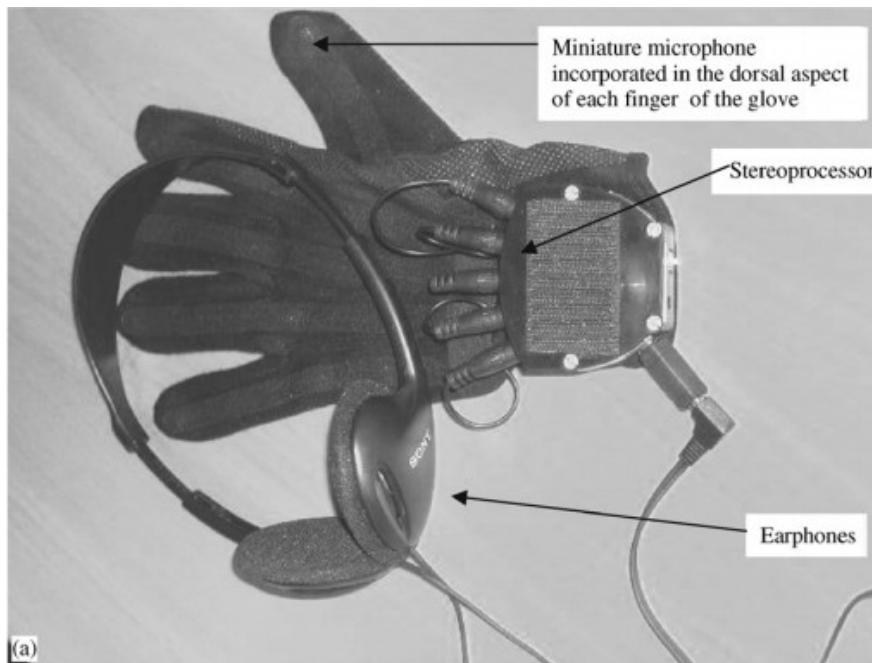


Figure n 29 : Principe de l'interaction audiotactile.

a/ Composants du gant capteur.

b/ Un patient s'entraînant avec des microphones miniatures fixés à un anneau de silicone à chaque doigt.

C'est également à ce stade S0 que la rééducation bilatérale doit être instaurée. La main dénervée se trouvera améliorée grâce à la stimulation de la main saine qui va contribuer ainsi à la réorganisation du schéma corporel.

L'acquisition de la sensibilité de protection thermique et douloureuse par les thermorécepteurs et les nocicepteurs au niveau des terminaisons libres cutanées correspond au stade S1. Les unités sensorielles néoformées immatures sont sensibles à la pression et au froid de manière disproportionnée. Le froid peut entraîner une douleur profonde diffuse : dans ce cas, le patient doit apprendre à se protéger du froid.

L'acquisition de la sensibilité douloureuse superficielle entraîne des sensations étranges pouvant être douloureuses, hyperesthésiques en raison des troubles trophiques et vasculaires qui l'accompagnent (vasodilatation et œdème). C'est à ce stade S1 que la rééducation va activer la plasticité cérébrale. Des techniques manuelles et de physiothérapie de « désensitization » sont appliquées directement en regard du territoire concerné ou de façon progressive de la zone saine vers la zone hyperesthésique. Il est indispensable d'habituer le patient au contact cutané : il faut « bombarder » les récepteurs cutanés par des stimulations répétées pour atténuer la sensation douloureuse. Massages, effleurages, tapotements, pétrissages, stimulation dans des bacs remplis de particules de structure différentes sont les exercices les plus pratiqués. Les stimulations vibratoires dont les fréquences varient (Vibralgic) vont contribuer à exciter les différents mécanorécepteurs (figure n 30). Si la douleur domine, il convient de mettre en place une neurostimulation (TENS) (figure n 31).



Figure n 30 : VIBRALGIC

Fr :25-1000 Hz; I : 0,5-5V (77).

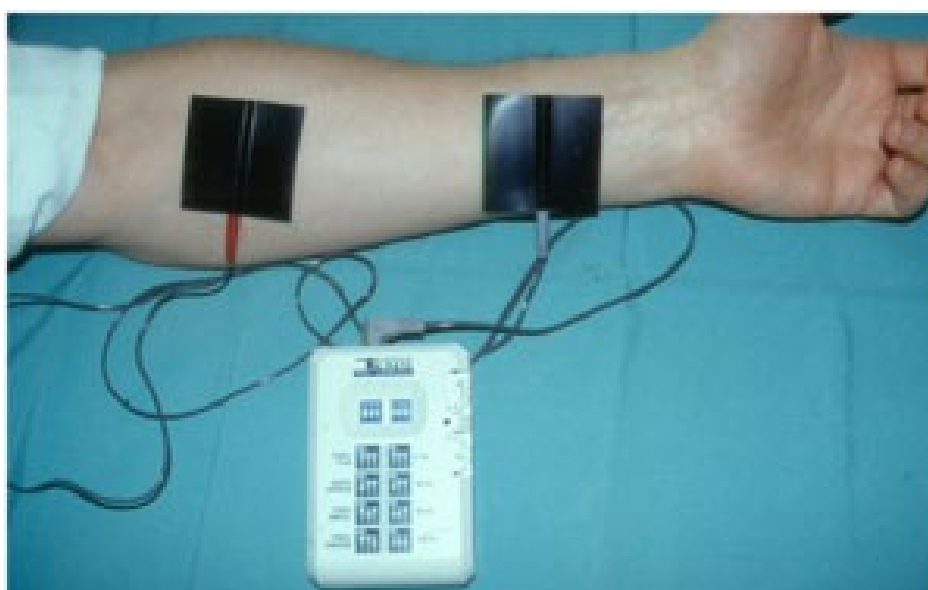


Figure n 31 : Neurostimulation électrique transcutanée (TENS).

(http://neuros.net/en/spinal_cord_stimulation/).

L'apparition d'une sensibilité vibrotactile à une fréquence de 30 Hz/3 V provient de l'activation des corpuscules de Meissner et Pacini et des fibres à adaptation rapide. C'est le stade S2. Ce stade sera développé par l'application de matériaux de différentes structures collés sur un abaisse-langue et appliquée à partir de la zone sensible pour gagner une zone en cours de récupération.

Le retour à une sensibilité discriminative correspond au stade S3, c'est-à-dire à la récupération des fibres à adaptation lente au niveau des disques de Merkel. La discrimination aux deux points (DDP) sera inférieure à 30 mm et va progressivement s'améliorer par des exercices de reconnaissance réalisés les yeux fermés. Le patient doit différencier un toucher fixe d'un toucher mobile et décrire son trajet tout en localisant la zone testée. Malgré la lassitude que peut ressentir l'opéré, il convient de poursuivre cette rééducation de la sensibilité pour que la discrimination aux deux points soit inférieure à 15 mm. C'est alors une sensibilité de type S3 +. S4 correspond à une DDP inférieure à 6 mm. À ce stade, les mécanorécepteurs de Pacini et Merkel sont à nouveau fonctionnels. La dextérité, la vitesse de ramassage et de reconnaissance des petits objets sont développés par le picking-up test de Möberg. La récupération de la proprioception dans sa totalité est une exception et les opérés ont du mal, les yeux fermés, à préciser quelle est la position dans l'espace de leur doigt replanté.

On comprend que ce protocole est lourd à la fois pour le patient et pour les rééducateurs ergothérapeutes. Cette rééducation est essentielle pour obtenir un résultat fonctionnel utile ; elle doit se réaliser dans les centres de rééducation dès que la main est mobilisable et avant même que les premiers signes de réinnervation apparaissent.

VIII. Matériels et méthodes

A. Type et période d'étude

Le travail que nous proposons de présenter, est une étude rétrospective qui porte sur 80 cas de plaies du poignet avec section nerveuse traitées chirurgicalement dans l'unité d'urgences de chirurgie orthopédique du Centre Hospitalier Hassan II de Fès durant une période allant du 01/01/2009 au 31/12/2018.

Nous avons consulté les comptes rendus d'hospitalisation des 80 cas opérés dans le service.

B. Critères d'inclusion

- Toutes les plaies du poignet occasionnant une section totale du nerf ulnaire ou du nerf médian ou les deux ensembles.
 - Trois situations :
 - Atteinte isolée du nerf médian
 - Atteinte isolée du nerf ulnaire
 - Atteint du nerf médian + atteinte du nerf ulnaire
- } +/- section vasculaire
} radiale ou ulnaire
} + sections tendineuses associées

C. Critères d'exclusion

- Les écrasements et amputations du membre.
- Les patients opérés et perdus de vue ensuite.

D. Paramètres d'étude

Les résultats sensitifs et moteurs obtenus après une réparation chirurgicale réalisée en urgence sont analysés avec une étude des différents paramètres pouvant influencer sur les résultats : âge, nerf lésé, type de réparation nerveuse, délai entre intervention et accident initial.

Paramètres cliniques

○ Interrogatoire

Il précise :

- L'âge du patient,
- La profession,
- Le sexe,
- Le côté dominant et le côté atteint,
- Les circonstances de l'accident, notamment l'heure, le délai de prise en charge, l'agent traumatisant et le mécanisme lésionnel,
- Les antécédents traumatiques sur ce membre,
- L'existence d'une tare médicale.

○ Examen clinique

Les malades sont vus aux urgences, pour la majorité d'entre eux, dans les heures qui suivent l'accident. Le bilan clinique et neurologique initial réalisé en préopératoire est très important et capital, il permet de prédire les lésions et de guider l'exploration chirurgicale.

Il est basé sur le type de nerf lésé, le niveau lésionnel, l'état vasculaire, et les éventuelles lésions tendineuses et musculaires associées.

- En cas d'atteinte du nerf ulnaire

- ✚ Sur le plan moteur

On examine la fonction du premier interosseux dorsal. On demande au patient d'écartier l'index contre le doigt de l'examineur qui palpe en même temps le muscle en question. On demande aussi au patient de réaliser la manœuvre de flexion en volet des doigts et le rapprochement et écartement des doigts. Ces mouvements sont impossibles à réaliser en cas de section complète du nerf ulnaire.

- ✚ Sur le plan sensitif

On teste la sensibilité au niveau du territoire du nerf ulnaire à savoir la pulpe du cinquième doigt et l'hémi-pulpe ulnaire du quatrième doigt. Le territoire autonome étant la pulpe de l'auriculaire.

- En cas d'atteinte du nerf médian :

- ✚ Sur le plan moteur

On examine le mouvement d'opposition du pouce et en particulier le muscle court abducteur qui est responsable de l'érection du pouce. La pince contrariée pouce-annulaire permet de tester ce muscle. En cas d'atteinte du nerf médian, le court abducteur devient hypotonique

- ✚ Sur le plan sensitif

On teste la sensibilité au niveau des pulpes du pouce, de l'index, du médus et de l'hémi-pulpe radiale de l'annulaire. Le territoire autonome du nerf médian est la pulpe de l'index.

En sachant que la sensibilité est un phénomène subjectif ; il faut insister sur les points suivants :

- L'examen doit être comparatif avec le côté controlatéral sain
- La sensibilité proprioceptive doit être éliminée en immobilisant le doigt examiné du malade entre le pouce et l'index de l'examineur.

- Interdire au malade de regarder ce que fait l'examineur, en lui demandant de fermer les yeux ou de tourner la tête.
- L'examen de la pulpe est réalisé à l'aide d'une pointe mousse. On procède aussi, à de fausses manœuvres afin de valoriser cet examen.

Paramètres paracliniques

Les examens complémentaires comportent un examen radiologique du segment du membre atteint de face et de profil, une radiographie du thorax et un examen biologique préopératoire. Le patient bénéficie au terme de ces examens de soins locaux, d'un pansement stérile et d'une prophylaxie antitétanique.

Paramètres chirurgicaux

- L'anesthésie

Chez l'adulte, sauf contre-indication, on pratique une anesthésie loco-régionale par bloc plexique, ou une anesthésie générale selon le cas (plusieurs plaies ou fractures de membres).

- Le garrot

L'hémostase préventive par garrot pneumatique posé à la racine du membre supérieur a été utilisée systématiquement.

- L'opérateur

L'intervention a été faite par un chirurgien spécialisé ou par un résident entraîné aux techniques de réparation.

- Matériel de suture

Toutes les sutures ont été faites à l'œil nu sans grossissement.

Le fil de suture utilisé est généralement un monofil 6/0 ou 9/0 non résorbable à aiguille ronde. A défaut des instruments de microchirurgie, la réparation a été faite par du matériel classique.

- Technique de réparation

La suture nerveuse a été faite par des points épipérineux, avec 10 à 12 points par nerf.

Les adjuvants de la chirurgie

- L'immobilisation post-opératoire

En fin d'intervention la suture nerveuse a été immobilisée. Cette immobilisation a pour but d'éviter toute tension sur les extrémités nerveuse réparées pendant la période de cicatrisation et se fait généralement en légère flexion du poignet, au moyen d'une attelle plâtrée en manchette dorsale. La durée de l'immobilisation est de trois à six semaines, ce qui correspond au délai de cicatrisation. La rééducation est commencée au dixième jour du postopératoire par auto rééducation puis confiée à un kinésithérapeute.

- Traitement médical

Généralement on prescrit une antibiothérapie, quelque fois associée à une vitaminothérapie par Tri B et anticoagulation si jamais on réalise une suture vasculaire.

Traitement des lésions associées

- Les lésions tendineuses

Elles ont été suturées en premier.

- Les lésions artérielles ensuite,

La suture des artères ulnaire et radiale est réalisée systématiquement si le délai de la prise en charge est inférieur à six heures. Cette réparation vasculaire est toujours tentée jusqu'à la vingt-quatrième heure post-traumatique.

Au-delà de ce délai, nous nous sommes résignés à la ligature vasculaire.

- Les lésions cutanées

La qualité du revêtement cutané est essentielle, la réparation nerveuse devrait être associée toujours à une couverture cutanée idéale.

Dans tous les cas, il a été fait une suture cutanée.

La rééducation

La cicatrisation nerveuse est suffisamment avancée au bout de dix jours pour entreprendre la mobilisation passive contrôlée selon Duran par un rééducateur spécialisé. Nous insistons en particulier sur la rééducation de la sensibilité (67).

- La récupération de la sensibilité élémentaire

On pique au niveau de la zone autonome et on note la qualité de la perception sans contrôle visuel du malade.

La perception du contact déplacé est rééduquée par le déplacement de la partie mousse d'un crayon sur la surface. On demande au malade de décrire la nature du contact, sa localisation et même le sens du déplacement.

La perception du contact fixe est rééduquée par l'utilisation répétée de la partie mousse d'un crayon tout en faisant varier la pression.

- La rééducation de la stéréognosie

A partir d'un certain stade de récupération (S3), on cherche à développer la qualité de l'information transmise.

On associe à ces tests des épreuves plus intéressantes faisant appel à la discrimination : la reconnaissance de la forme ou du volume des objets par stéréognosie.

On utilise des objets usuels : pièce de monnaie, stylo, clef.

On montre ces objets au patient au départ, puis il se met derrière l'écran, touche un objet avec une pince pouce index, on lui demande de l'identifier, le temps mis est noté ainsi que sa façon de procéder.

S'il n'arrive pas à identifier un objet, le patient peut voir tout en manipulant l'objet, puis il recommence, ainsi on aura une association entre l'image et la sensation.

Avec la progression des séances et en tenant compte des résultats du patient, on peut ajouter des comparaisons entre des objets de formes différentes. Exemple : cube, sphère.

On utilise aussi des échantillons de tissus que le malade essaye de comparer. Exemple : feutre-coton ; cuir-caoutchouc. C'est la sensibilité épicrotique.

A intervalle régulier, on fait des tests pour évaluer le résultat :

- Test de WEBER : on utilise deux épingles qu'on met perpendiculairement à l'axe du pli de flexion du doigt, la distance à partir de laquelle le malade différencie les deux points est notée.
- Test de LAMBLIOTE : ce test est noté sur 6 sur la reconnaissance de 6 objets différents.
- Test de coordination : le patient ramasse quatre petits objets pour les mettre sur une tablette plastique trouée, d'abord avec la main lésée, puis avec la main saine. On note :
 - La nature de la prise
 - L'harmonie du geste
 - Le temps mis

- Test de localisation de WYNN PARRYS : la main est divisée en zones numérotées représentées sur un schéma.



On pique le patient au niveau d'un certain nombre de zones, il doit localiser la stimulation douloureuse :

Ne sait pas localiser
Localisation vague avec erreur de rayon
Erreur sur le même rayon en sautant une zone
Erreur en zone contiguë
Pas d'erreur

La rééducation de la sensibilité permet de valoriser la repousse axonale obtenue après réparation d'une plaie nerveuse par l'amélioration de l'intégration et l'analyse de l'information.

E. Analyse des résultats

La réinnervation sensitive a été évaluée par la classification du British Medical Research Council modifiée par l'American Society of Hand Surgery à Boston en 1983 en fonction du degré de récupération discriminative :

- S 0 : anesthésie complète
- S 1 : sensibilité profonde nociceptive
- S 2 : sensibilité superficielle nociceptive (sensibilité de protection) (Weber $>$ 15 mm)
- S 3 : sensibilité à la compresse, Weber statique entre 10 et 15mm
- S 3+ : test de Weber statique compris entre 6 et 10 mm
- S 4: test de Weber statique $<$ 6 mm

La récupération musculaire a été évaluée selon cette classification :

- M 0 : absence complète de contraction
- M 1 : contraction volontaire perceptible au niveau du corps musculaire
- M 2 : contraction volontaire perceptible à la partie distale du muscle, Pas de contraction efficace contre la pesanteur
- M 3 : contraction volontaire possible contre la pesanteur
- M 4 : contraction volontaire possible contre la résistance, mouvements Indépendants possibles
- M 5 : force musculaire normale

Le score :

La base de départ est constituée par les critères de la British Medical Research Council qui comporte 4 grades :

- | | | |
|-------------|----------------|----------|
| - Excellent | M4 – M5 | S3+ – S4 |
| - Bon | M3–M4 | S3 – S3+ |
| - Mauvais | M2 | S2 |
| - Nul | Aucun résultat | |

Nous utilisons, pour qualifier le résultat final, le résultat moteur et le résultat sensitif pris séparément.

A chaque fois le résultat moteur ainsi que le résultat sensitif sera décomposé en deux classes de bons et mauvais résultats.

- Pour le score sensitif, la division est simple : seront considérés comme mauvais résultats sensitifs, ceux qui seront cotés S0, S1, S2. Les autres seront cotés bon résultats S3, S3+ et S4.
- Pour le score moteur, les cotations M0, M1 et M2 sont considérées comme mauvais résultats.

Pour chaque patient, nous avons recueilli des renseignements en utilisant la fiche d'exploitation ci-dessous :

F. Fiche d'exploitation

-Identification du malade

Nom et prénom :

Age :

Sexe : M F

Profession : travailleur manuel

Préciser le métier :

Travailleur intellectuel

Préciser le métier :

Sans profession

Membre dominant : D G

Membre atteint : D G

Date de l'intervention :

Les antécédents traumatiques : plaies

Fractures

Luxations

Les antécédents médicaux : Diabète Cardiopathie

Coagulopathies Pathologies vasculaires

HTA pathologies psychiatriques

Autres :

Habitudes toxiques : Tabac

Alcool

Drogues

-Circonstances du traumatisme :

Type d'accident : Accident domestique

Acte de violence

Automutilation

Accident de travail

AVP

Agent traumatisant : Bris de verre

Meule à disque

Lame tranchante

Brique

Sabre

Couteau

Scie électrique

Autres :

Délai de prise en charge :

-Examen clinique

Poignet concerné : D G

Nerf(s) atteint(s) : Médian Ulnaire Médian + Ulnaire

Perte de substance nerveuse : Oui Non

Lésions associées :

Lésions musculo-tendineuses : Oui Non

Tendons fléchisseurs des doigts

Tendons des muscles palmaires

Fléchisseur ulnaire du carpe

Lésions artérielles : Oui Non

Artère radiale

Artère ulnaire

Artère radiale + artère ulnaire

Lésions cutanées :

Simple

Contuse

Taille :

Siège :

-Examens complémentaires :

Radiographie du poignet

De face

De profil

Fracture associée : Oui non

Si oui : laquelle :

Luxation associée : Oui non

Si oui : laquelle :

Radiographie du thorax de face

Examen biologique préopératoire

Groupage NFS Ionogramme

Glycémie TP / TCK Fonction rénale

Taux de protides

-L'encadrement chirurgical :

- L'opérateur :
- L'anesthésie : Loco-régionale
- Générale
- Pose de garrot : Oui Non
- Matériel de grossissement : Microscope opératoire
- Lunettes
- Œil nu
- Fil de suture nerveuse : monofil 9/0 non résorbable à aiguille ronde
- Autre :
- Technique de réparation : sutures épineurales
- Sutures interfasciculaires
- Sutures périneurales
- Sutures épipérineurales
- Technique de medinaceli
- Neurotubes
- Greffe nerveuse
- Autre :

-Les adjuvants de la chirurgie :

Immobilisation post-opératoire

- Attelle plâtrée
- Type : dorsale poignet en flexion palmaire
- Autre :
- Orthèse statique
- Autres :
- Durée :

- Antibiothérapie
- Anticoagulation
- Vitaminothérapie (tri B)

-Rééducation

- Délai :
- Durée :
- Rééducation de la sensibilité élémentaire
 - Rééducation de la stéréognosie

-Evolution/Complications post-opératoires

Evolution normale	■
Œdème	■
Hématome	■
Infection	■
Nécrose cutanée	■
Syndrome algodystrophique	■













-Résultats de la réparation

- Récupération sensitive en fonction du degré de récupération discriminative

	N médian	N ulnaire
○ S 0 : anesthésie complète	■	■
○ S 1 : sensibilité profonde nociceptive	■	■
○ S 2 : sensibilité superficielle nociceptive (sensibilité de protection) (Weber > 15 mm)	■	■
○ S 3 : sensibilité à la compresse, Weber statique entre 10 et 15mm	■	■
○ S 3+ : test de Weber statique compris entre 6 et 10 mm	■	■
○ S 4 : test de Weber statique < 6 mm	■	■







- Récupération motrice :

Selon la cotation motrice du Medical Research Council (MRC)




	N médian	N ulnaire
○ M 0 : absence complète de contraction		
○ M 1 : contraction volontaire perceptible au niveau du corps musculaire		
○ M 2 : contraction volontaire perceptible à la partie distale du muscle, Pas de contraction efficace contre la pesanteur		
○ M 3 : contraction volontaire possible contre la pesanteur		
○ M 4 : contraction volontaire possible contre la résistance, mouvements Indépendants possibles		
○ M 5 : force musculaire normale		

- Les séquelles

En cas d'atteinte du nerf ulnaire

Atrophie pulpaire du cinquième doigt	
Atrophie de l'éminence hypothénar	
Amyotrophie du premier interosseux dorsal	
Main en grill	
Griffe ulnaire	
Abducteur paralytique du cinquième doigt	

En cas d'atteinte du nerf médian

Atrophie pulpaire de l'index	
Amyotrophie du court abducteur	
Hypotrophie des thénariens externes	

Autres séquelles

- Intolérance au froid
- Syndrome irritatif en regard de la suture nerveuse
- Diminution de la force de la main
- Fatigabilité et crampe à l'écriture
- Difficulté à l'exécution des mouvements fins de la main

- Notion de reprise chirurgicale

Si oui

Délai :

Motif : nécrose cutanée de la plaie

Griffe cubitale

Insuffisance de la récupération motrice et sensitive

Amyotrophie du premier interosseux dorsal

Type de la reprise chirurgicale

Ténolyse des tendons fléchisseurs

Neurolyse extrafasciculaire

Résection-greffe nerveuse

Intervention de Zancolli

Transfert du court extenseur du pouce

Evolution après reprise chirurgicale

S0 M0

S1 M1

S2 M2

S3 M3

S3+ M4

S4 M5

-Durée d'arrêt du travail :

IX. Résultats

A. Résultats épidémiocliniques

- L'âge

L'âge moyen de nos patients est de 29 ans, avec des extrêmes de 20 et 58 ans. La majorité de nos patients sont âgés entre 20 et 30 ans soit 60%.

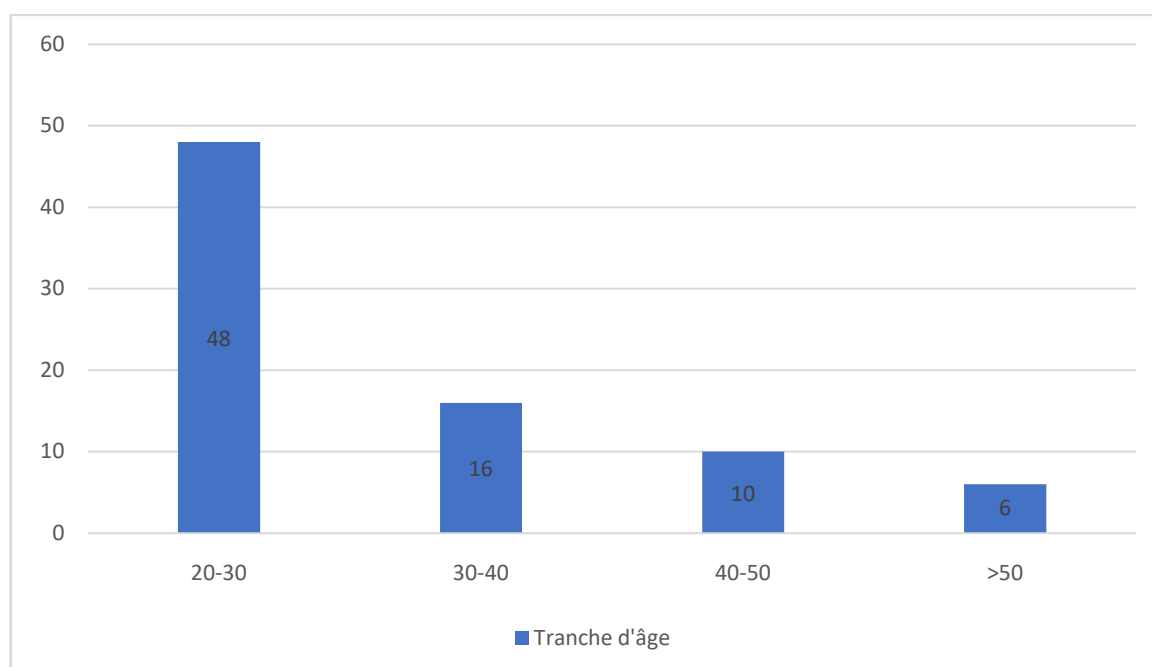


Diagramme n 1 : Répartition selon l'âge.

- Le sexe

Dans notre série, on note une nette prédominance masculine, avec 68 hommes (85%) et 12 femmes (15%) soit un sexe ratio H/F de 5,6.

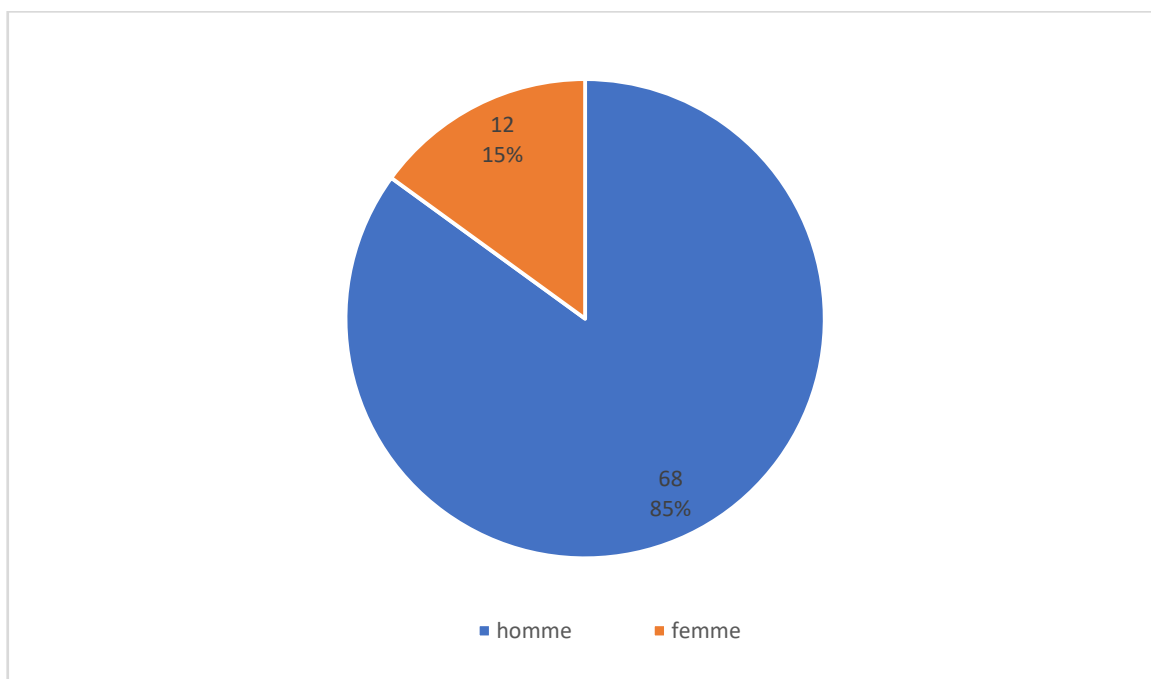


Diagramme n 2 : Répartition selon le sexe.

- La profession

Dans notre série, la majorité de nos patients étaient des travailleurs manuels : 56/80 cas soit 70% incluant des journaliers, des artisans et des femmes au foyer qui ont une activité ménagère régulière ; suivi par les travailleurs de bureau : 14/80 cas soit 17,5% ; et les patients sans profession : 10/80 cas soit 12,5%.

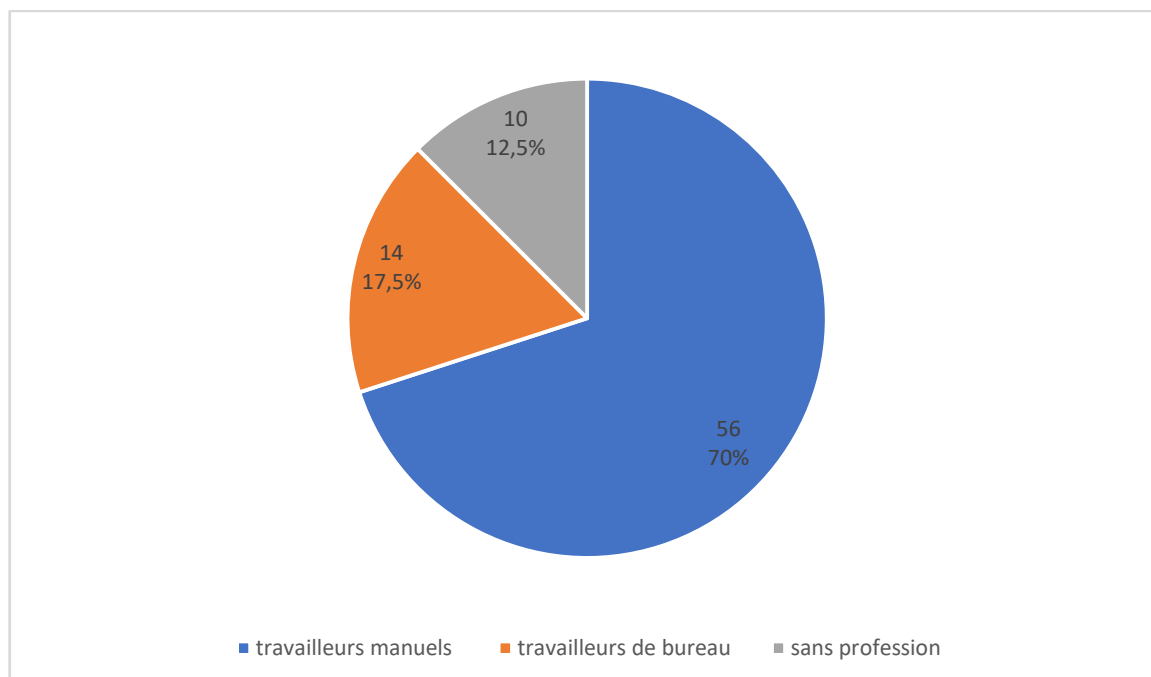


Diagramme n 3 : Répartition selon la profession.

- Le type d'accident

Parmi nos 80 patients, la majorité de ces traumatismes sont survenus suite à des agressions ou automutilation. On note une prédominance des agressions avec 28 cas soit 35%, suivi par les automutilations avec 24 cas soit 30%, les accidents de travail avec 16 cas soit 20%, les accidents domestiques avec 10 cas soit 12,5%, tandis que les accidents de la voie publique restent exceptionnels avec seulement 2 cas soit 2,5%.

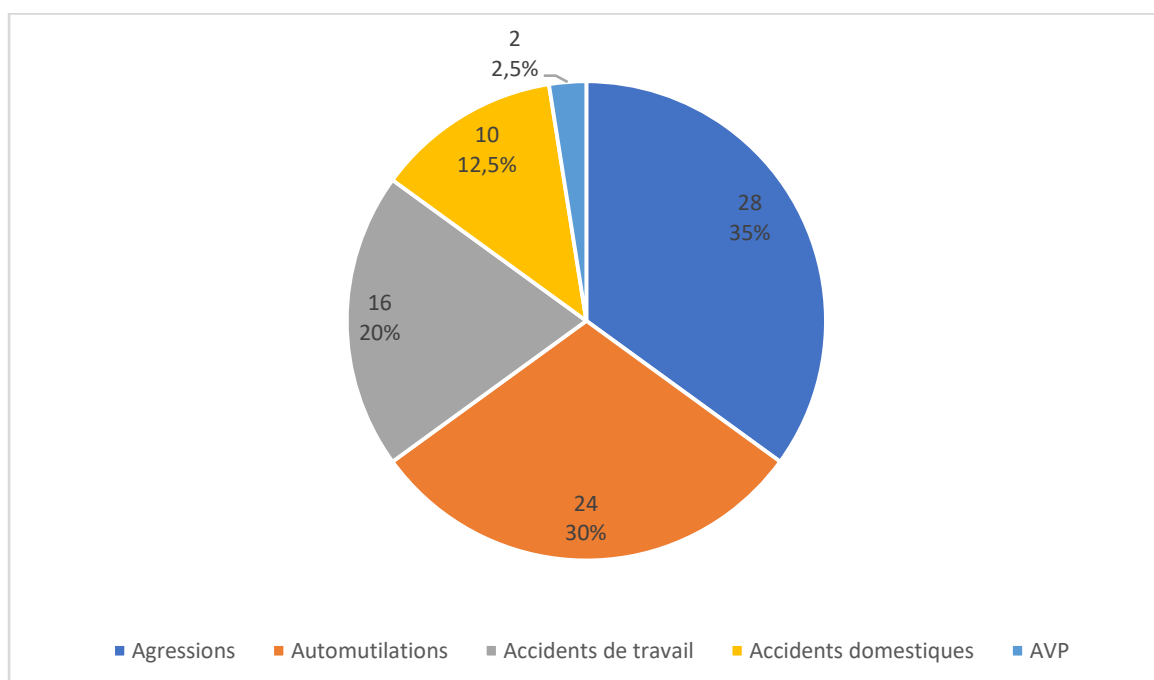


Diagramme n 4 : Répartition selon le type de l'accident.

- Agent traumatisant

Dans la majorité des cas (60%) les agents traumatisants impliqués étaient le couteau et le sabre avec 48 cas, suivis par la lame tranchante avec 12 cas (15%), les bris de verres avec 10 cas (12,5%), la meule à disque avec 6 cas (7,5%) et la scie électrique avec 4 cas soit 5%.

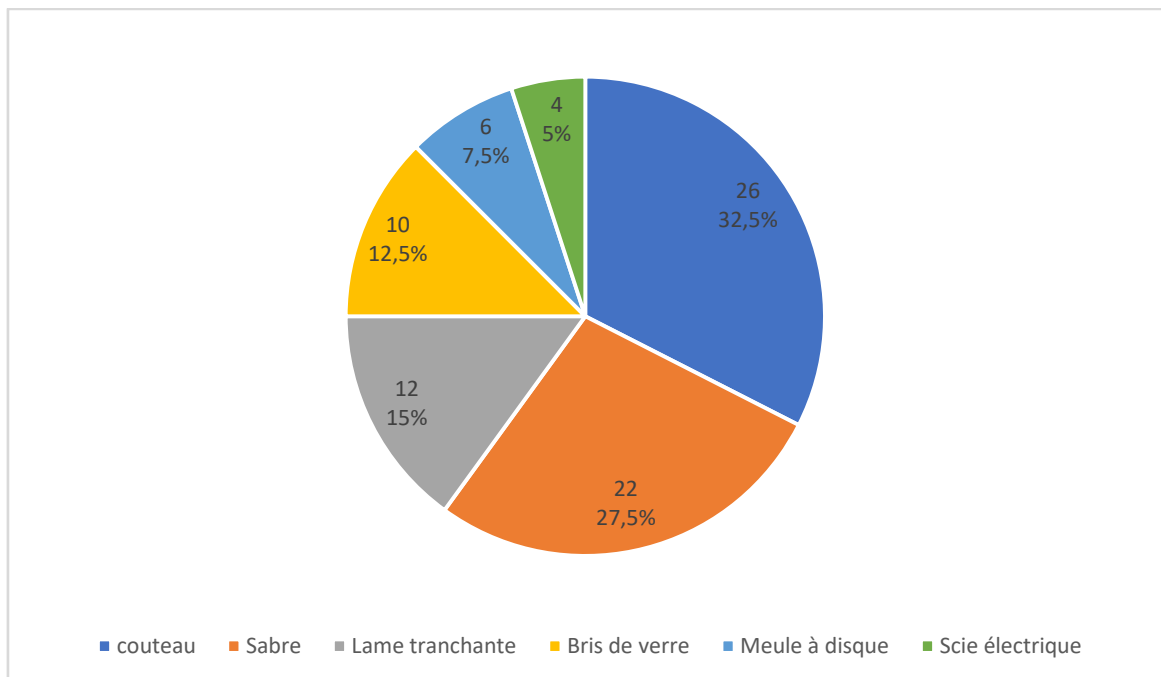


Diagramme n 5 : Répartition selon l'agent traumatisant.

- Le côté lésé

Le côté droit est le plus touché avec 52 cas / 80 soit 65%.

Le côté dominant est le plus atteint avec 56 cas / 80 soit 70%.

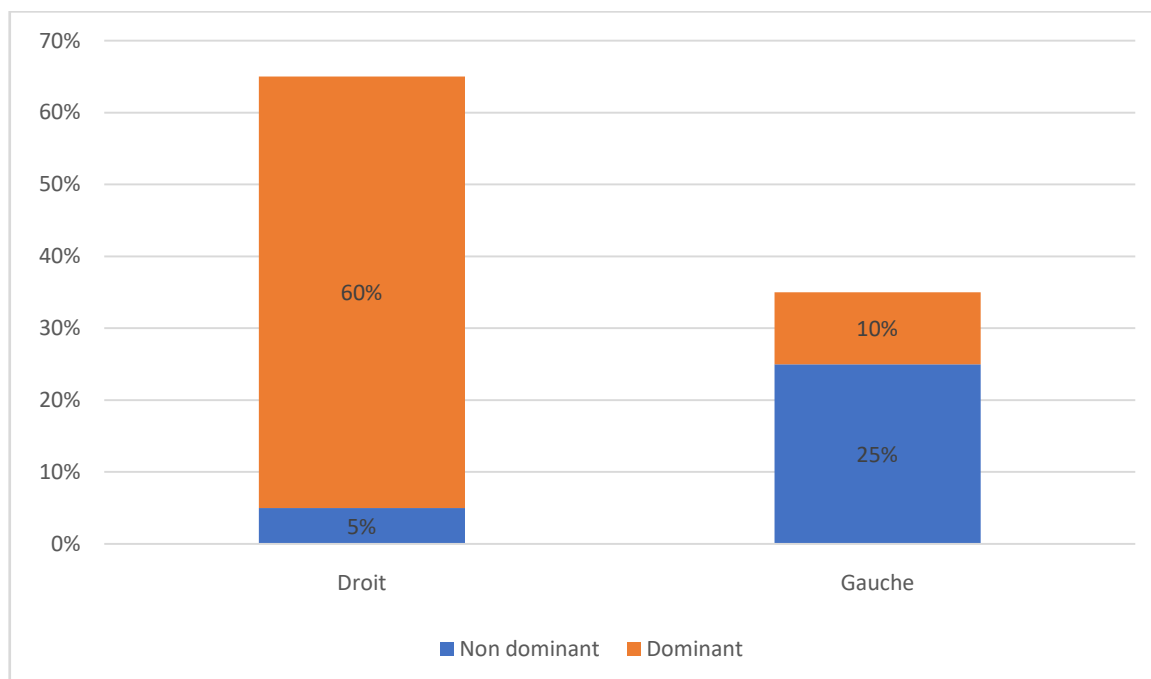


Diagramme n 6 : Répartition selon le côté lésé.

- Les nerfs atteints

Parmi nos 80 patients, nous avons recensé :

- 38 plaies avec lésion du nerf ulnaire isolée soit 47,5% des plaies.
- 30 plaies avec lésion du nerf médian isolée soit 37,5% des plaies.
- 12 plaies avec lésion médio-ulnaire (24 lésions) soit 15% des plaies.

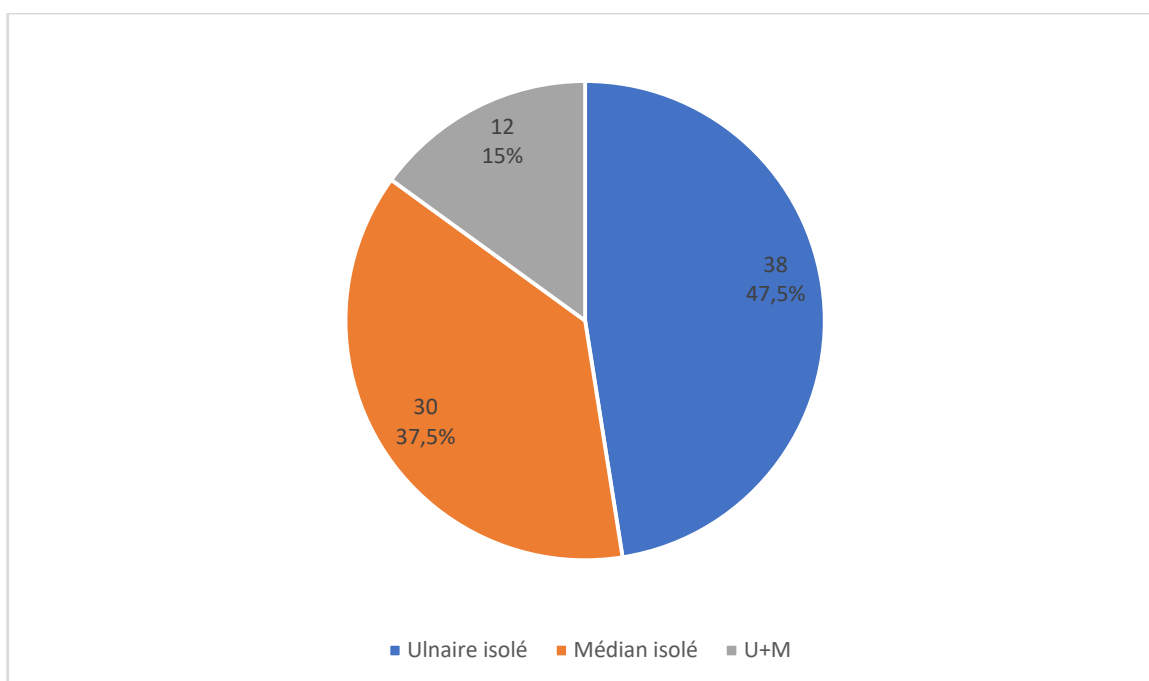


Diagramme n 7 : Répartition selon le nerf atteint.

- Perte de substance nerveuse

La majorité des lésions du nerf médian et du nerf ulnaire (90/92 lésions) ont bénéficié d'une suture primaire soit 97,8%, seules 2 lésions/92 étaient avec perte de substance nerveuse soit 2,2% ne permettant pas de réaliser une suture primaire.

Tableau n 3 : Répartition selon le type de réparation nerveuse

	Sutures nerveuses	Non réparable par sutures nerveuses
Médian	41	1
Ulnaire	49	1

- Les lésions associées

- Les lésions musculo-tendineuse

Tableau n 4 : Lésions musculo-tendineuses associées.

Muscle atteint	Nombre
Fléchisseur radial du carpe (grand palmaire)	<u>37</u>
Long palmaire (petit palmaire)	<u>32</u>
Fléchisseur superficiel de D2	<u>27</u>
Fléchisseur superficiel de D3	<u>24</u>
Fléchisseur ulnaire du carpe (cubital antérieur)	<u>35</u>
Fléchisseur superficiel de D4	<u>29</u>
Fléchisseur superficiel de D5	<u>25</u>
Long fléchisseur du pouce	<u>27</u>

Tous les patients présentaient des lésions musculo-tendineuses associées, siégeant au poignet. Il s'agit surtout d'une atteinte des tendons fléchisseurs des doigts, des tendons des palmaires ou du fléchisseur ulnaire du carpe.

- Les lésions artérielles

30 patients présentaient des lésions artérielles au poignet soit 37,5%, dont 6 cas intéressant l'artère radiale (7,5%) et 22 cas intéressant l'artère ulnaire (27,5%) ; les deux artères sont lésées dans 2 cas (2,5%).

Tableau n 5 : Lésions artérielles associées.

Artère(s) lésée(s)	Nombre
Artère radiale isolée	<u>6</u> (7,5%)
Artère ulnaire isolée	<u>22</u> (27,5%)
Artère radiale + artère ulnaire	<u>2</u> (2,5%)

- Les lésions cutanées

- 60 de nos patients ont présenté une plaie cutanée simple soit 75% des cas
- 20 patients ont présenté une plaie cutanée contuse soit 25% des cas.

Les plaies contuses sont surtout l'apanage des traumatismes par meule à disque ou par scie électrique.

- Le recul par rapport à la dernière intervention

En raison des délais de régénération de ces lésions, seuls les dossiers avec un recul supérieur à un an pour les plaies nerveuses siégeant au niveau du poignet ont été retenus.

Nos patients avaient un recul moyen postopératoire de 3 ans avec des extrêmes compris entre un an et 7 ans.

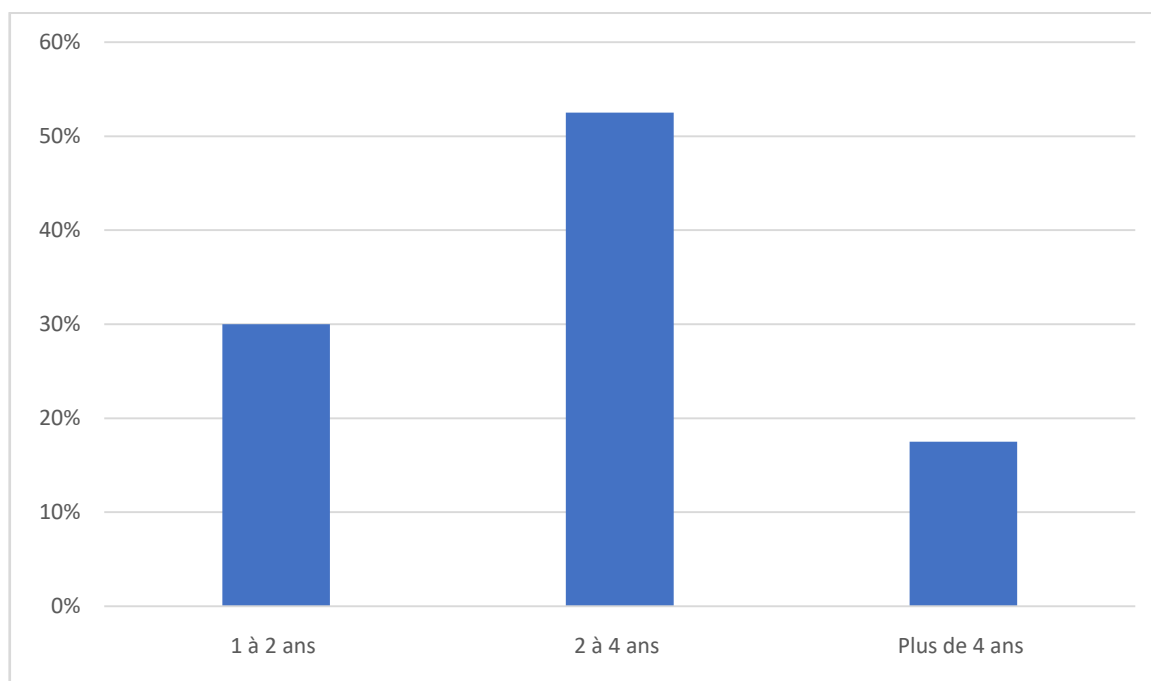


Diagramme n 8 : Le recul par rapport à la dernière intervention.

B. Résultat sensitivo-moteur après réparation

Chez les 80 patients que nous avons retenus, nous avons relevé 92 sections nerveuses totales.

Ces lésions concernaient :

- Le nerf ulnaire isolé : 38 fois soit 47,5%.
- Le nerf médian isolé : 30 fois soit 37,5%.
- Les deux nerfs ensemble médian + ulnaire : 12 fois soit 15%.

1. Résultat sensitivo-moteur après réparation des lésions isolées du nerf médian ou du nerf ulnaire

• Le résultat moteur

Les résultats moteurs sur le total des 68 lésions nerveuses isolées montrent (tableau n 6) :

Tableau n 6 : Résultats moteurs de toutes les lésions nerveuses isolées.

	Mauvais résultats			Bons résultats			Total
	M0	M1	M2	M3	M4	M5	
Médian	5	8	6	4	6	1	30
Ulnaire	7	9	10	6	5	1	38
Total	12	17	16	10	11	2	68

Dans notre série, le groupe M3, M4, M5 correspondant aux bons résultats moteurs représente 23 cas/68 soit 33,8 %.

Pour le nerf médian, le taux de bons résultats moteurs représente 36,6% des cas soit 11 cas/30 (diagramme n 9). Tandis que le nerf ulnaire donne dans 31,5% des cas un bon résultat moteur supérieur ou égal à M3 soit 12 cas/38 (diagramme n 10).

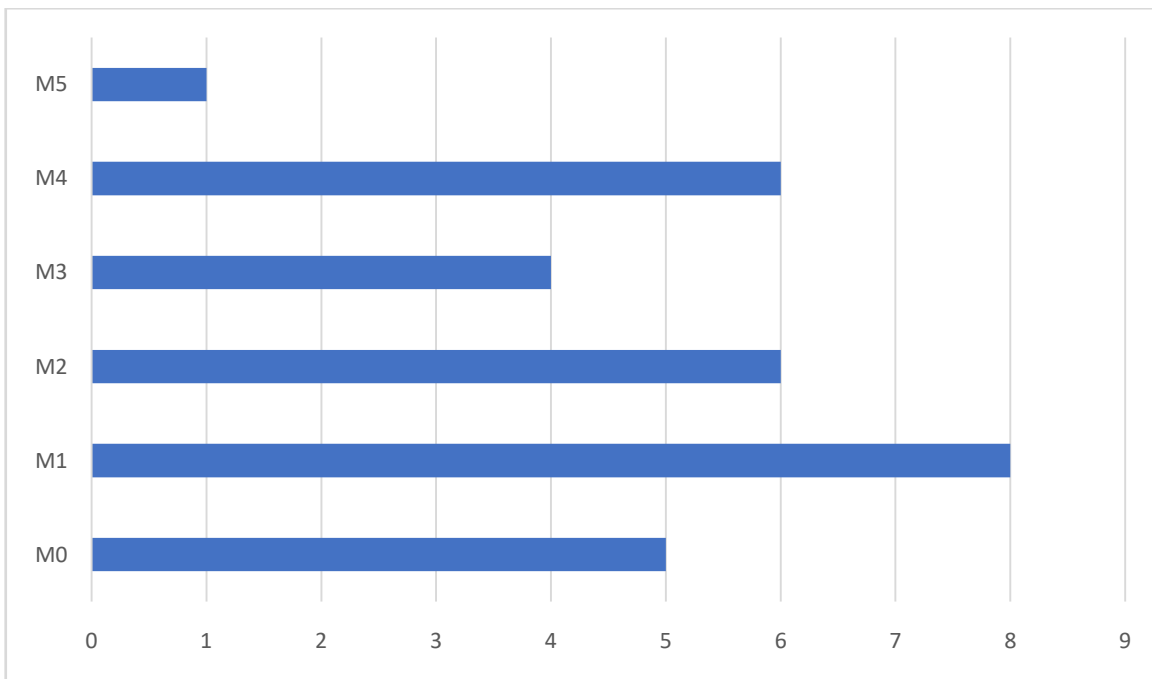
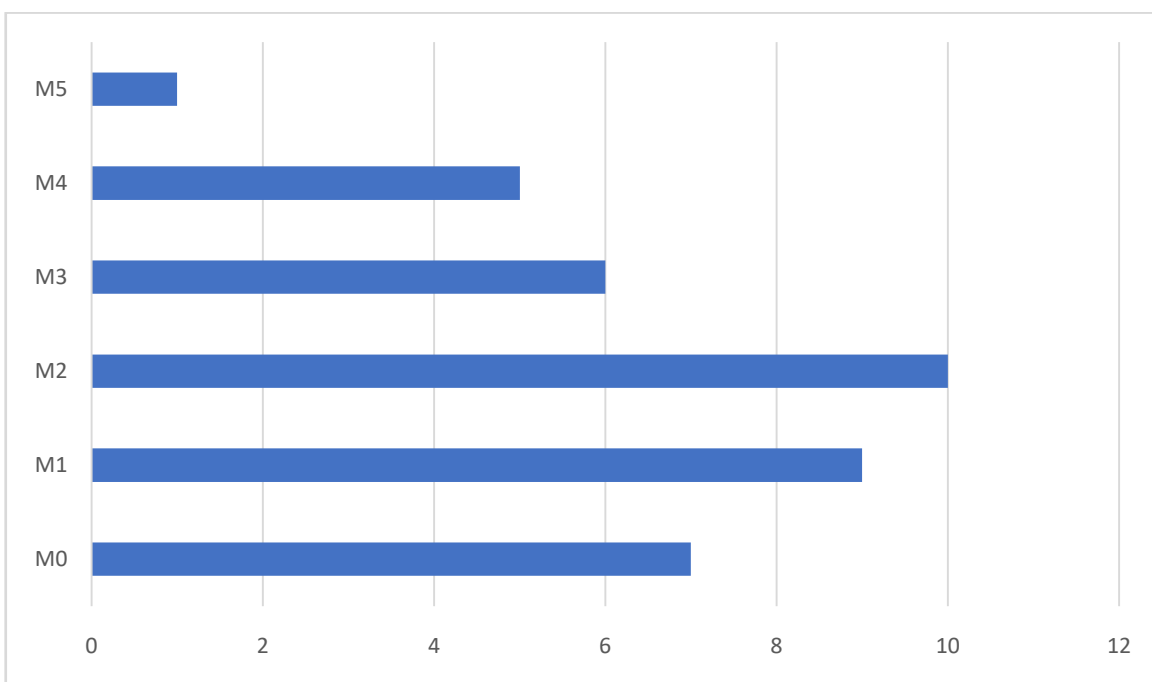


Diagramme n 9 : Répartition selon la récupération motrice du nerf médian en cas d'atteinte isolée (n=30).



Digramme n 10 : Répartition selon la récupération motrice du nerf ulnaire en cas d'atteinte isolée (n=38).

- Le résultat sensitif

D'après la classification que nous avons définie, le résultat final en zone autonome est le suivant (tableau n 7) :

Tableau n 7 : Résultats sensitifs de toutes les lésions nerveuses isolées.

	Mauvais résultats			Bons résultats			Total
	S0	S1	S2	S3	S3+	S4	
Médian	4	6	10	6	3	1	30
Ulnaire	3	9	16	6	3	1	38
Total	7	15	26	12	6	2	68

Dans notre série, le groupe S2, S3, S3+ et S4 représente 46 cas/68 soit 67,6% ; ce qui veut dire que 67,6% des patients ont récupéré au minimum une sensibilité de protection.

Le groupe S3, S3+, et S4 correspondant aux bons résultats sensitifs représente 20 cas/68 soit 29,4%.

La récupération sensitive pour le nerf médian est dans 33,3% des cas de S3 à S4 soit 10 cas/30 (diagramme n11).

La récupération sensitive pour le nerf ulnaire est dans 26,3% des cas de S3 à S4 soit 10 cas/38 (diagramme n12).

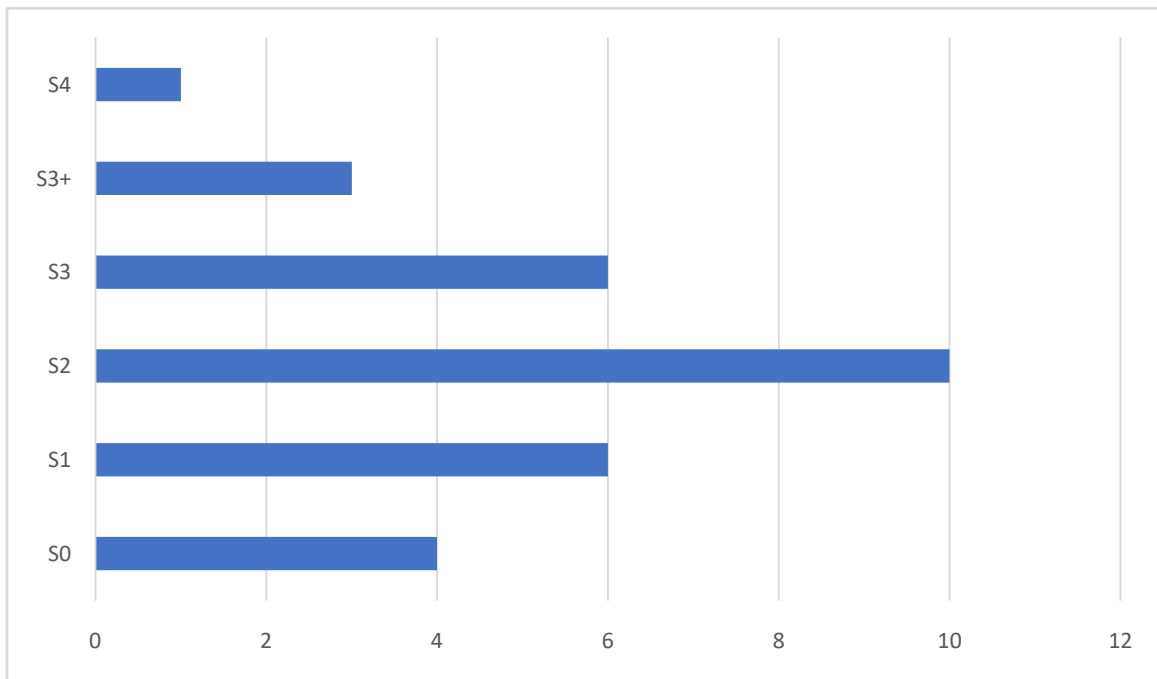


Diagramme n 11 : Répartition selon la récupération sensitive du nerf médian en cas d'atteinte isolée (n=30).

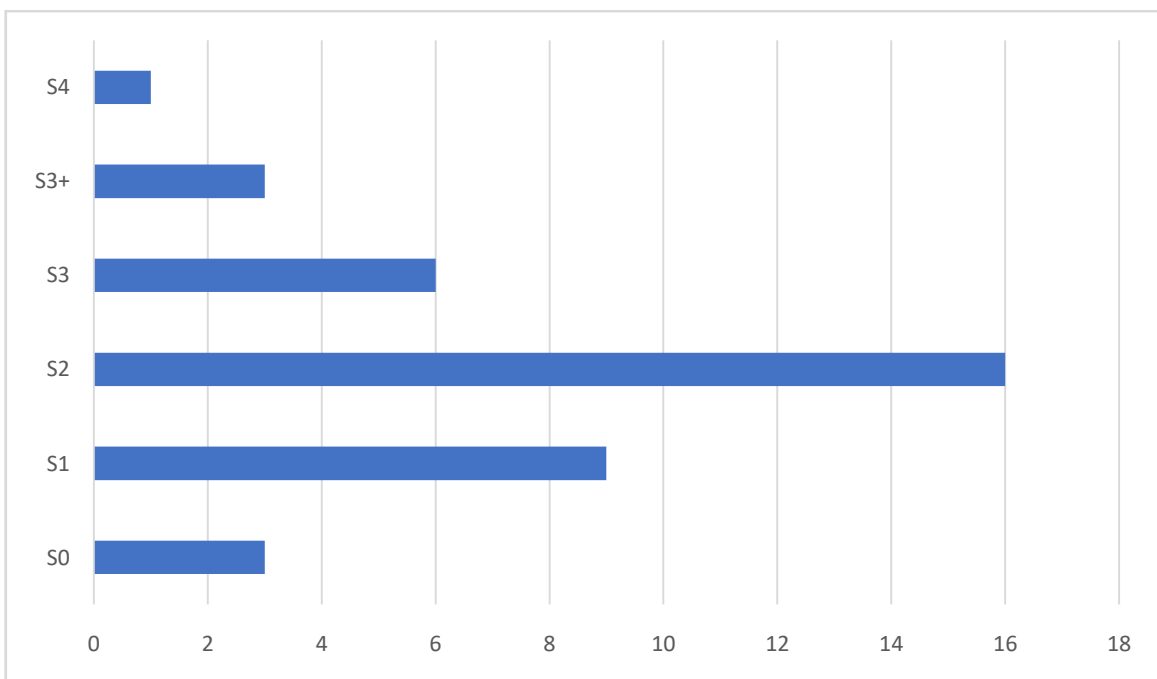


Diagramme n 12 : Répartition selon la récupération sensitive du nerf ulnaire en cas d'atteinte isolée (n=38).

AU TOTAL**Pour le nerf médian**

Le taux de bons résultats sensitifs (S3, S3+ et S4) est de 33,3% alors qu'il est de 36,6% lorsqu'il s'agit de récupération motrice (M3, M4 et M5).

Pour le nerf ulnaire

Le taux de bons résultats sensitifs (S3, S3+ et S4) est de 26,3% alors qu'il est de 31,5% lorsqu'il s'agit de récupération motrice.

2. Résultats sensitivo-moteurs après réparation des lésions médio-ulnaire

Sur les 12 plaies médio-ulnaire nous avons obtenus les résultats suivants

- Résultat moteur (tableau n 8)

Tableau n 8 : Scores moteurs obtenus après réparation des plaies médio-ulnaire.

	Mauvais résultats			Bons résultats			Total
	M0	M1	M2	M3	M4	M5	
Médian	3	5	2	2	0	0	12
Ulnaire	2	4	3	2	1	0	12
Total	5	9	5	4	1	0	24

Pour les plaies médio-ulnaire, une bonne récupération motrice (M3, M4 et M5) survient dans seulement 2 cas/12 soit 16,6% des cas pour le nerf médian, tandis que pour le nerf ulnaire le taux de bons résultats est de 25% soit 3 cas/12 (diagramme n 13).

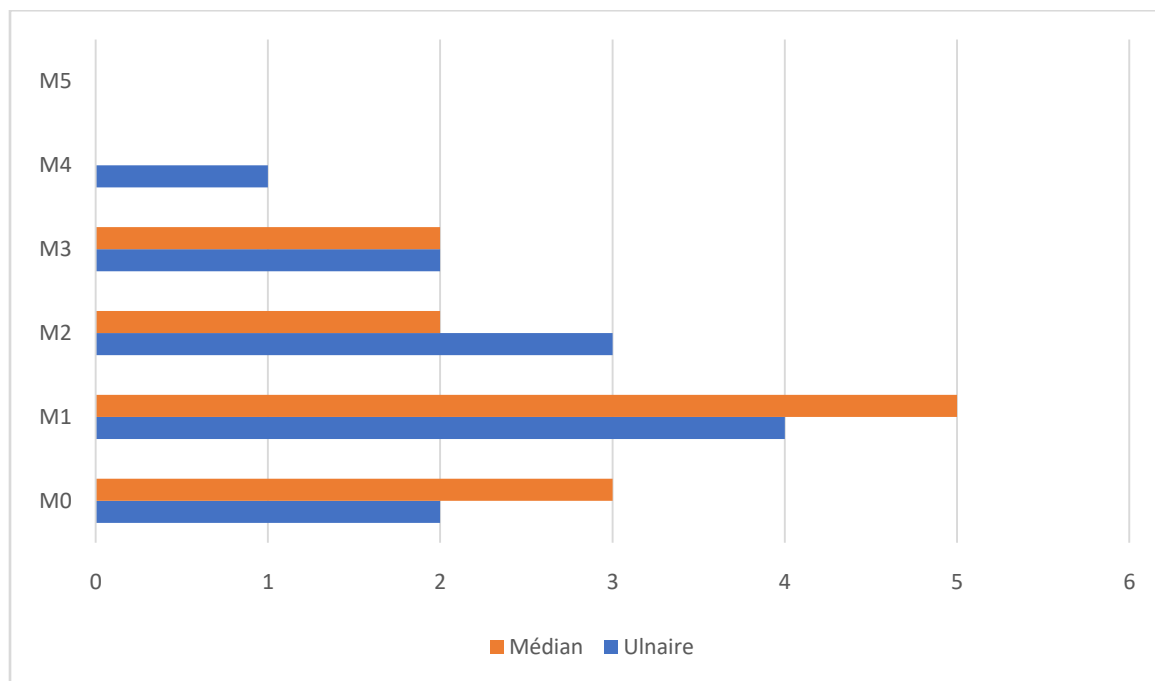


Diagramme n 13 : Récupération motrice des patients avec lésions médio-ulnaire (n=12).

- Résultat sensitif (tableau n 9)

Tableau n 9 : Scores sensitifs obtenus après réparation des plaies médio-ulnaire.

	Mauvais Résultats			Bons résultats			Total
	S0	S1	S2	S3	S3+	S4	
Médian	4	4	2	1	1	0	12
Ulnaire	3	4	2	2	1	0	12
Total	7	8	4	3	2	0	24

La réparation des lésions associées des nerfs médian et ulnaire a permis d'obtenir une récupération sensitive de S3 à S4 chez 3 cas/12 pour le nerf ulnaire soit 25% des cas et chez 2 cas/12 pour le nerf médian soit 16,6% des cas (diagramme n 14).

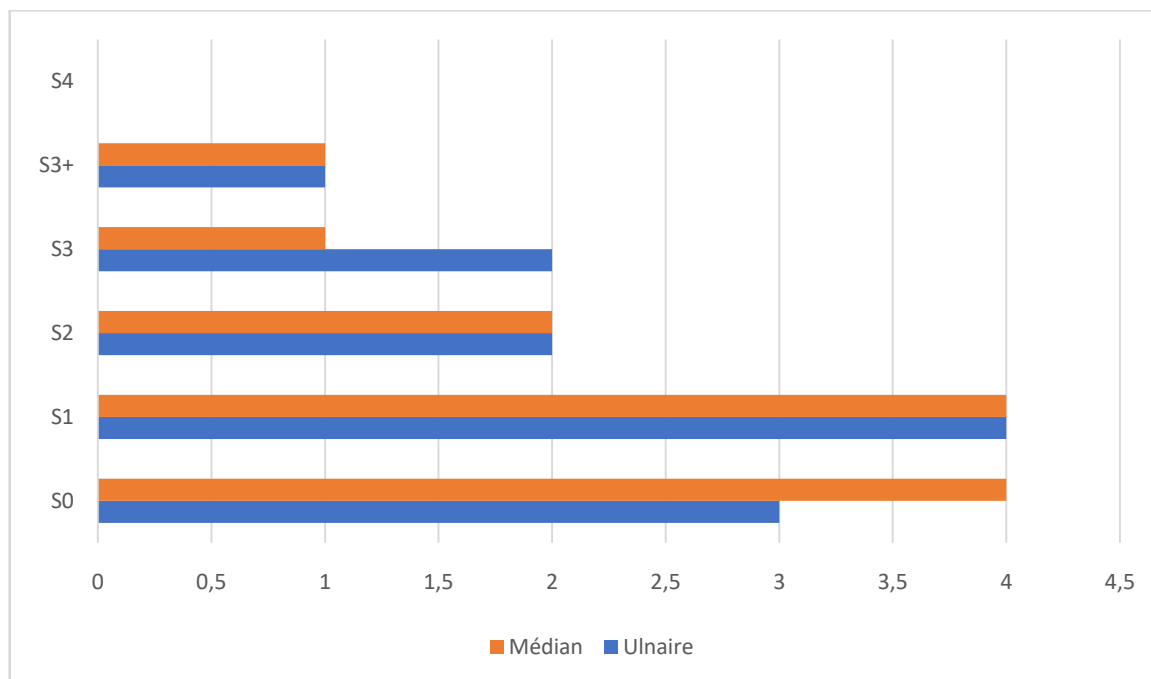


Diagramme n 14 : Récupération sensitive des patients avec lésions médio-ulnaires (n=12).

3. Comparaison entre les lésions isolées et les lésions associées du nerf médian et du nerf ulnaire

Nous comparerons pour chaque score les bons et les mauvais résultats obtenus en cas de lésion isolée ou associée du nerf ulnaire et du nerf médian.

- **Score moteur**

Une bonne récupération motrice (M3 à M5) après réparation d'une section isolée du nerf médian, survient dans 36,6% des cas.

En cas d'association ulnaire, le pourcentage de bonne récupération motrice (M3 à M5) chute à 16,6% pour le nerf médian (tableau n 10).

Tableau n 10 : comparaison entre les scores moteurs des lésions isolées et les lésions associées du nerf médian.

	Médian isolé	Médian dans les plaies médio-ulnaires
Mauvais	63,4%	83,4%
Bons	36,6%	16,6%

Le nerf ulnaire obtient dans 31,5% des cas un score moteur de M3 à M5 en cas d'atteinte isolée.

De même pour le nerf ulnaire, le pourcentage de bonne récupération motrice dans les lésions associées au médian chute à 25% (tableau n 11).

Tableau n 11 : Comparaison entre les scores moteurs des lésions isolées et les lésions associées du nerf ulnaire.

	Ulnaire isolé	Ulnaire dans les plaies médio-ulnaires
Mauvais	68,5%	75%
Bons	31,5%	25%

AU TOTAL

En effet, les scores moteurs obtenus par le nerf médian sont moins bons en cas d'association ulnaire.

De même, les scores moteurs obtenus par le nerf ulnaire sont moins bons en cas d'association au médian.

- Score sensitif

Une bonne récupération sensitive (S3 à S4) après réparation d'une section isolée du nerf médian, survient dans 33,3% des cas.

Dans les lésions associées, le pourcentage de bonne récupération sensitive (S3 à S4) chute à 16,6% pour le nerf médian (tableau n 12).

Tableau n 12 : Comparaison entre les scores sensitifs des lésions isolées et les lésions associées du nerf médian.

	Médian isolé	Médian dans les plaies médio-ulnaires
Mauvais	66,7%	83,4%
Bons	33,3%	16,6%

Le nerf ulnaire obtient dans 26,3% des cas un score moteur de S3 à S4 en cas d'atteinte isolée.

Cependant, le pourcentage de bonne récupération sensitive du nerf ulnaire dans les lésions associées (25%), est proche à celui des lésions isolées (26,3%) (tableau n 13).

Tableau n 13 : Comparaison entre les scores sensitifs des lésions isolées et les lésions associées du nerf ulnaire.

	Ulnaire isolé	Ulnaire dans les plaies médio-ulnaires
Mauvais	73,7%	75%
Bons	26,3%	25%

AU TOTAL

Le nerf médian obtient de meilleurs résultats sensitifs quand il est isolé plutôt que lorsqu'il est associé au nerf ulnaire.

Le pourcentage de récupération sensitive du nerf ulnaire dans les lésions isolées est presque identique à celui des lésions associées.

C. Evolution et complications post-opératoires

Dans notre série nous avons déploré :

- 7 cas d'infections superficielles (soit 8,75%) qui ont bien évolué sous soins locaux et antibiothérapie adaptée.
- 3 cas de nécrose cutanée occasionnant une perte de substance cutanée (soit 3,75%) ayant bénéficié secondairement d'une greffe cutanée.
- 5 cas de syndrome algodystrophique soit 6,25% dont :
 - 1 cas chez un patient ayant une lésion isolée du nerf médian
 - 1 cas chez un patient ayant une lésion isolée du nerf ulnaire
 - 3 cas chez des patients avec lésions médio-ulnaire.

D. Séquelles

Dans notre série, nous avons déploré :

En cas d'atteinte du nerf ulnaire

- 15 cas de griffes ulnaire (soit 30%) qui ont été appareillées par une orthèse de Zancolli dans le but est de prévenir l'enraidissement digital ; seules 5 cas ont nécessité une chirurgie secondaire.
- 10 cas d'amyotrophie du premier interosseux dorsal (soit 20%).
- 9 cas d'atrophie de l'éminence hypothénar (soit 18%).
- 7 cas de paralysie de l'abducteur du cinquième doigt (soit 14%).

En cas d'atteinte du nerf médian

- 12 cas d'hypotrophie des thénariens externes (28,5%).
- 9 cas d'atrophie pulpaire de l'index (21,4%).
- 7 cas d'amyotrophie du court abducteur (16,6%).

Autres séquelles

- 28 cas d'intolérance au froid (35%).
- 13 cas de syndrome irritatif en regard de suture nerveuse (16,25%).
- 10 cas de névrome (12,5%)



Figure n 32 : Cicatrice cutanée avec névrome du nerf médian
(Service traumatologie orthopédie B3 CHU Hassan II de Fès).

X. Cas cliniques

Cas clinique n 1 :

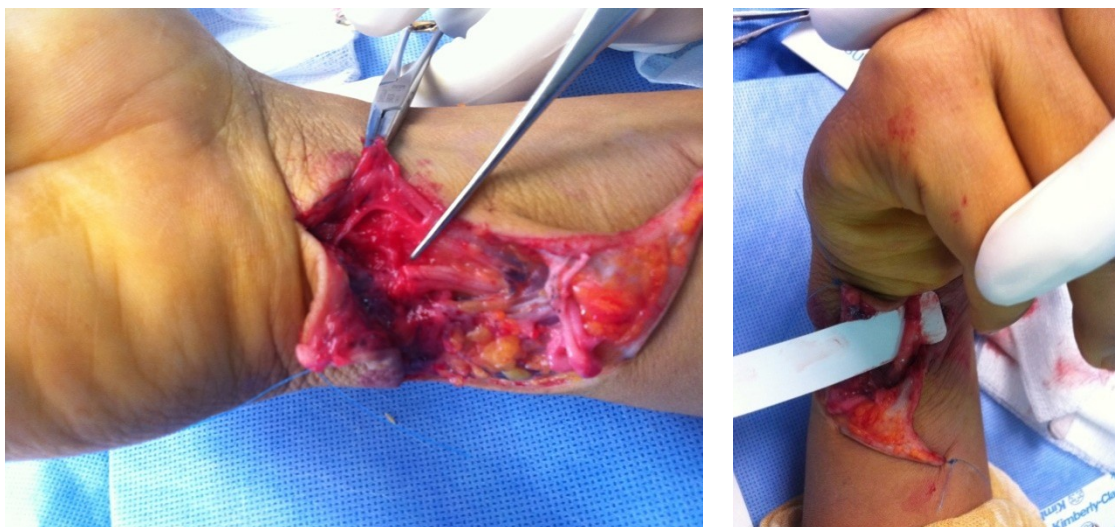


Figure n 33 : Plaie de la face antérieure du poignet droit avec section du nerf ulnaire,
Après réparation primaire du nerf ulnaire, Le patient a gardé une griffe ulnaire.

Cas clinique n 2 :

Figure n 34 : Patient présentant une plaie isolée du nerf médian ayant bénéficié d'une réparation primaire (suture nerveuse) ; le patient a gardé en post opératoire tardif un déficit de la force de la pince I-II et un déficit de l'opposition du pouce.

Cas clinique n 3 :

Figure n 35 : Plaie médio-ulnaire du poignet gauche, le patient a gardé après réparation une griffe ulnaire gauche, un déficit du mouvement d'écartement rapprochement des doigts, un déficit de la force de la pince I-II et un défaut d'opposition du pouce.

XI. Discussion

Nous avons essayé :

- D'analyser les caractéristiques épidémiologiques et le bilan lésionnel de la série.
- Comparer nos résultats aux principales séries de la littérature.

A. Les facteurs épidémio-cliniques

- L'âge

L'âge moyen varie entre 25 et 28 ans dans la plupart des séries de la littérature (68, 69, 70,71).

L'âge moyen de nos patients qui est de 29 ans, est relativement identique à celui des malades des séries de la littérature.

Tableau n 14 : Comparaison de la moyenne d'âge avec les différentes séries de la littérature.

	Moyenne d'âge
Notre série (80 cas), Service de traumatologie B3 CHU Hassan II, 2019	29 ans
Y Najeb (24 cas) CHU ibn Rochd Casablanca, 2003	25 ans
Thèse médecine N Bouchtili (111 cas) Service d'orthopédie Nabeul Tunisie, 2014	27 ans
E Lenoble (28 cas), 1989	28 ans
A Kilinc (28 cas), 2009	28 ans

- Le sexe

La prédominance masculine est nette ; ceci correspond aux données habituelles retrouvées dans la littérature (68, 69, 70,71).

Tableau n 15 : Comparaison du sexe ratio avec les différentes séries de la littérature.

	Sexe ratio
Notre série (80 cas) Service de traumatologie B3 CHU Hassan II, 2019	5,6
Y Najeb (24 cas) CHU ibn Rochd Casablanca, 2003	2,4
Thèse médecine N Bouchtili (111 cas) Service d'orthopédie Nabeul Tunisie, 2014	11
E Lenoble (28 cas), 1989	2,5
A Kilinc (39 cas), 2009	4,5

- La profession

Il s'agit le plus souvent de travailleurs manuels (70%). Les femmes actives au foyer font partie de ce groupe. Cette prédominance a toujours été rapportée dans la littérature (68, 69, 70,71).

- Type d'accident

Dans notre série, les agressions étaient la première cause de plaies nerveuses du poignet avec 35% des cas, ce résultat concorde avec la série nationale (68). Alors que pour les autres séries les causes dominantes étaient l'automutilation (69), les accidents domestiques (70) et les accidents de travail (71). Ce contraste est lié aux différents contextes sociaux et économiques de chaque pays.

- L'agent traumatisant

Dans notre série, le couteau et le sabre sont les plus incriminés avec 60% des cas ; ceci explique le taux élevé des plaies franches. Tandis que dans les autres séries de la littérature (68, 69,71) ; le bris de verre était le plus incriminé.

- Le côté atteint

Nous avons noté 70% de cas d'atteinte du côté dominant ; ce qui tout à fait classique dans les différentes séries de la littérature.

- Les associations lésionnelles

Tous nos patients ont présenté une association musculo-tendineuse soit 100%, ce rapport est de même pour Kilinc (71) et Y Najeb (68). Alors qu'il est de 57% pour la série de Nabeul (69).

Tableau n 16 : Pourcentage des patients présentant une association musculo-tendineuse pour les différentes séries de la littérature.

	Association musculo-tendineuse
Notre série (80 cas) Service de traumatologie B3 CHU Hassan II, 2019	100%
Thèse médecine N Bouchtili (111 cas) Service d'orthopédie Nabeul Tunisie, 2014	57%
A Kilinc (39 cas), 2009	100%
Y Najeb (24 cas) CHU ibn Rochd Casablanca, 2003	100%

30 patients présentent une association artérielle soit 37,5%, ce rapport reste presque le même pour la série de Nabeul (69), il est de 75% pour Kilinc (71) et de 24% pour Y Najeb (68).

Tableau n 17 : Pourcentage des patients présentant une association artérielle pour les différentes séries de la littérature.

	Association artérielle
Notre série (80 cas) Service de Traumatologie B3 CHU Hassan II, 2019	37,5%
Thèse médecine N Bouchtili (111 cas) Service d'orthopédie Nabeul Tunisie, 2014	37,8%
A Kilinc (39 cas), 2009	75%
Y Najeb (24 cas) CHU ibn Rochd Casablanca, 2003	24%

B. comparaison de nos résultats sensitifs et moteurs à la série multicentrique (74).

- Evaluation des résultats

Afin de pouvoir comparer nos résultats à cette série (74), nous avons adopté cette classification (tableau n 18) :

Tableau n 18 : Critères d'évaluation des résultats sensitifs et moteurs d'après Y.

ALLIEU et col dans la série multicentrique (74).

Résultats	Récupération motrice	Récupération sensitive
Très bon	M5	S4
Bon	M3, M4	S3, S3+
Médiocre	M1, M2	S1, S2
Nul	M0	S0

- Résultats

- Pour le nerf médian

Notre taux de bons et de très bons résultats moteurs est de 36,6%, ce taux est de 68,5% dans la série multicentrique (74) ; tandis que le taux de résultats nuls dans notre série est de 16,6% contre 13% pour la série de comparaison (tableau n 19).

Pour les résultats sensitifs, notre taux de bons et de très bons résultats est de 33,3% contre 76,5% dans la série à comparer. Cependant, notre taux de résultats nuls est de 13,3% et celui de la série à comparer est de 5% (tableau n 20).

- Pour le nerf ulnaire

Notre taux de bons et de très bons résultats moteurs est de 31,5%, ce taux est de 59,5% dans la série à comparer. Tandis que notre taux de résultats nuls est de seulement 18,4% contre 24,5% dans la série de comparaison (tableau n 19).

Pour les résultats sensitifs, notre taux de bons et de très bons résultats est de

26,3% contre 73% dans la série de comparaison. Cependant, notre taux de résultats nuls est de 8% et celui de la série de comparaison est de 11% (tableau n 20).

Tableau n 19 : Comparaison des résultats analytiques moteurs à ceux de la série multicentrique (74).

	Notre série (2019)	Série multicentrique (1987)
Médian	30	38
-très bon	1 (3,3%)	10 (26,5%)
-bon	10 (33,3%)	16 (42%)
-médiocre	14 (46,7%)	7 (18,5%)
-nul	5 (16,6%)	5 (13%)
Ulnaire	38	37
-très bon	1 (2,6%)	10 (27%)
-bon	11 (29%)	12 (32,5%)
-médiocre	19 (50%)	6 (16%)
-nul	7 (18,4%)	9 (24,5%)

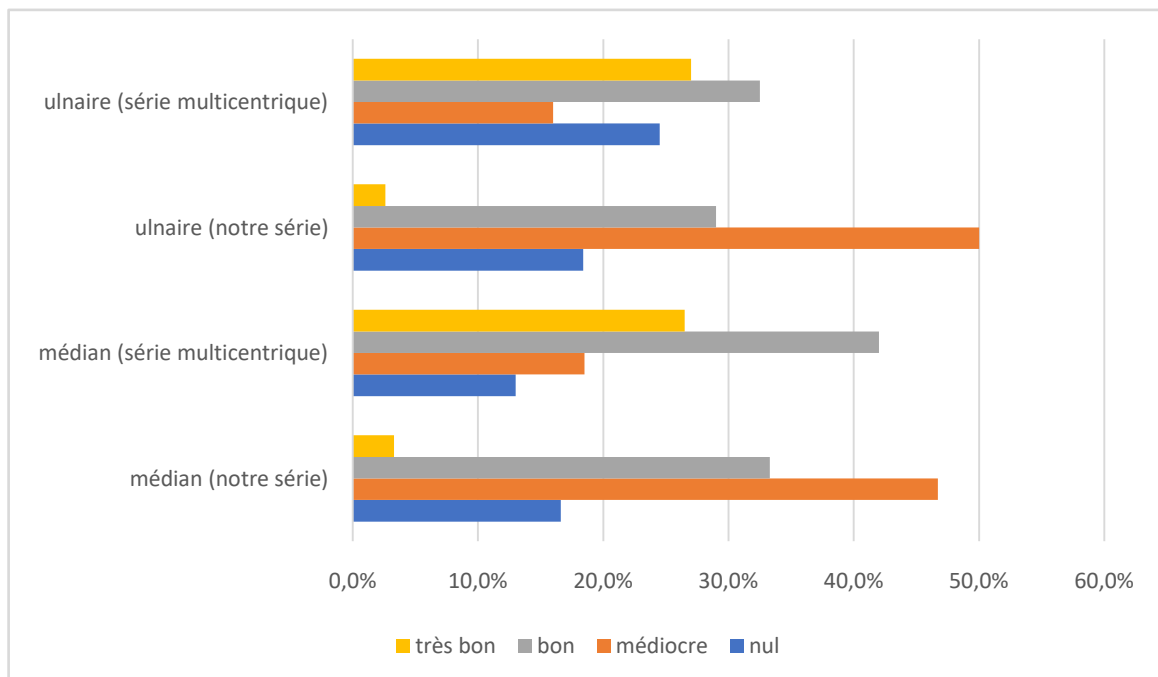


Diagramme n 15 : Comparaison des résultats analytiques moteurs à ceux de la série multicentrique (74).

Tableau n 20 : Comparaison des résultats analytiques sensitifs à ceux de la série multicentrique (74).

	Notre série (2019)	Série multicentrique (1987)
Médian	30	38
-très bon	1 (3,3%)	15 (39,5%)
-bon	9 (30%)	14 (37%)
-médiocre	16 (53,3%)	7 (18,5%)
-nul	4 (13,3%)	2 (5%)
Ulnaire	38	37
-très bon	1 (2,6%)	17 (46%)
-bon	9 (23,6%)	10 (27%)
-médiocre	25 (65,8%)	6 (16%)
-nul	3 (8%)	4 (11%)

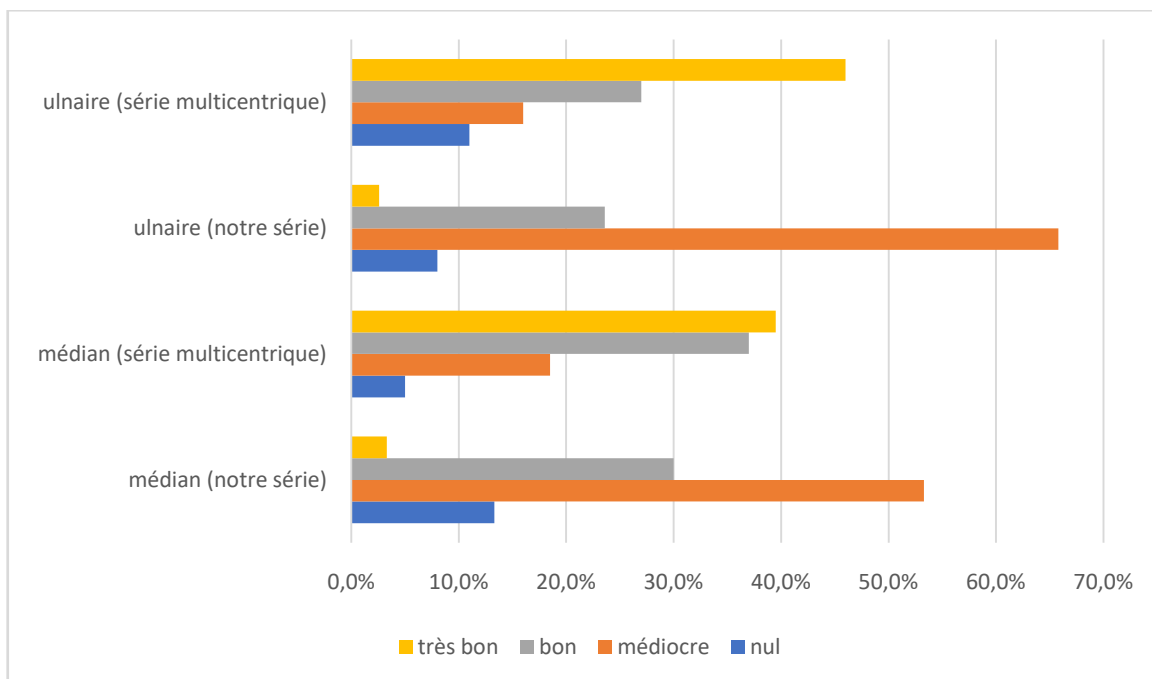


Diagramme n 16 : Comparaison des résultats analytiques sensitifs à ceux de la série multicentrique (74).

Cette comparaison montre de moins bons résultats pour notre série que pour la série multicentrique (74), on pense que nos mauvais résultats sont dus :

- A la réparation nerveuse faite sans grossissement, sans matériel de microchirurgie et à la technicité.
- Au contexte d'agression prédominant dans notre série.
- Au profil particulier de nos patients, qui n'adhèrent pas au programme de rééducation fonctionnelle.

C. comparaison de nos résultats sensitifs et moteurs à ceux de SAKELLARIDES et SEDDON (75).

Nous avons comparé les résultats analytiques moteurs et sensitifs à ceux de deux autres séries de suture nerveuse (SAKELLARIDES et SEDDON).

- Evaluation des résultats

Afin de pouvoir comparer nos résultats à ceux de SAKELLARIDES et SEDDON, nous avons adopté cette classification (tableau n 21).

Tableau n 21 : Critères d'évaluation des résultats sensitifs et moteurs d'après SAKELLARIDES et SEDDON.

Résultat	Récupération motrice	Récupération sensitive
Bon	M3, M4, M5	S3, S3+, S4
Moyen	M2	S1, S2
Nul	M0, M1	S0

- Résultats

- Pour le nerf médian

Nos résultats moteurs semblent proches de ceux de SAKELLARIDES et SEDDON ; avec 36,6% de bons résultats contre 39% pour H. SAKELLARIDES et 32% pour HJ. SEDDON (tableau n 22).

Du point de vue récupération sensitive du nerf médian, nous n'obtenons que 33,3% de bons résultats, alors que SAKELLARIDES en compte 47% et SEDDON 38% (tableau n 23).

- Pour le nerf ulnaire

Nos résultats moteurs semblent proches de ceux de SAKELLARIDES et SEDDON, avec 31,5% de bons résultats pour notre série contre 40% pour SAKELLARIDES et 16% pour SEDDON (tableau n 22).

Cependant, nos résultats sensitifs semblent moins bons que ceux de SAKELLARIDES et SEDDON, avec 26,3% de bons résultats pour notre série contre 42% pour SAKELLARIDES et 30% pour SEDDON (tableau n 23).

Tableau n 22 : Comparaison des résultats analytiques moteurs à ceux de H.

SAKELLARIDES et HJ. SEDDON.

	Notre série (2019)	H. SAKELLARIDES (1962)	HJ. SEDDON (1979)
Médian (n)	30	81	1259
-bon	36,6	39	32
-moyen (%)	20	21	58
-nul	43,3	40	10
Ulnaire (n)	38	105	2047
-bon	31,5	40	16
-moyen (%)	26,4	30	62,5
-nul	42,1	30	21,5

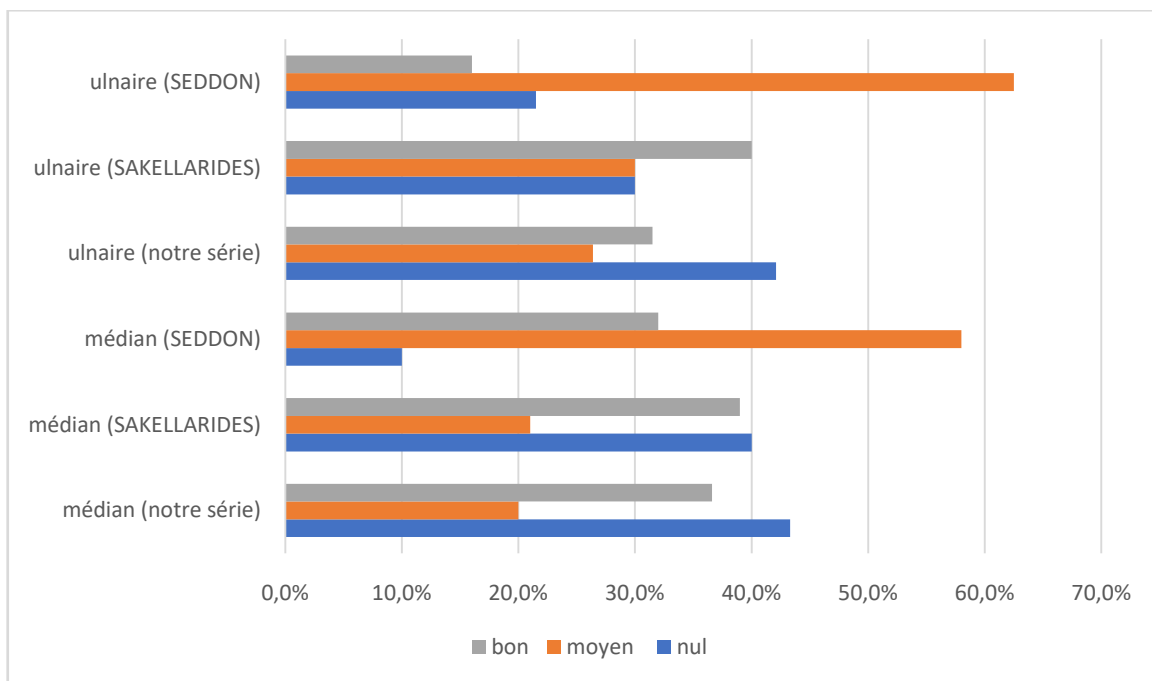


Diagramme n 17 : Comparaison des résultats analytiques moteurs à ceux de H. SAKELLARIDES et HJ. SEDDON.

Tableau n 23 : Comparaison des résultats analytiques sensitifs à ceux de H. SAKELLARIDES et HJ. SEDDON.

	Notre série (2019)	H. SAKELLARIDES (1962)	HJ. SEDDON (1979)
Médian (n)	30	81	1259
-bon	33,3	47	38
-moyen (%)	53,3	25	15
-nul	13,3	28	47
Ulnaire (n)	38	105	2047
-bon	26,3	42	30
-moyen (%)	65,7	32	16
-nul	8	26	54

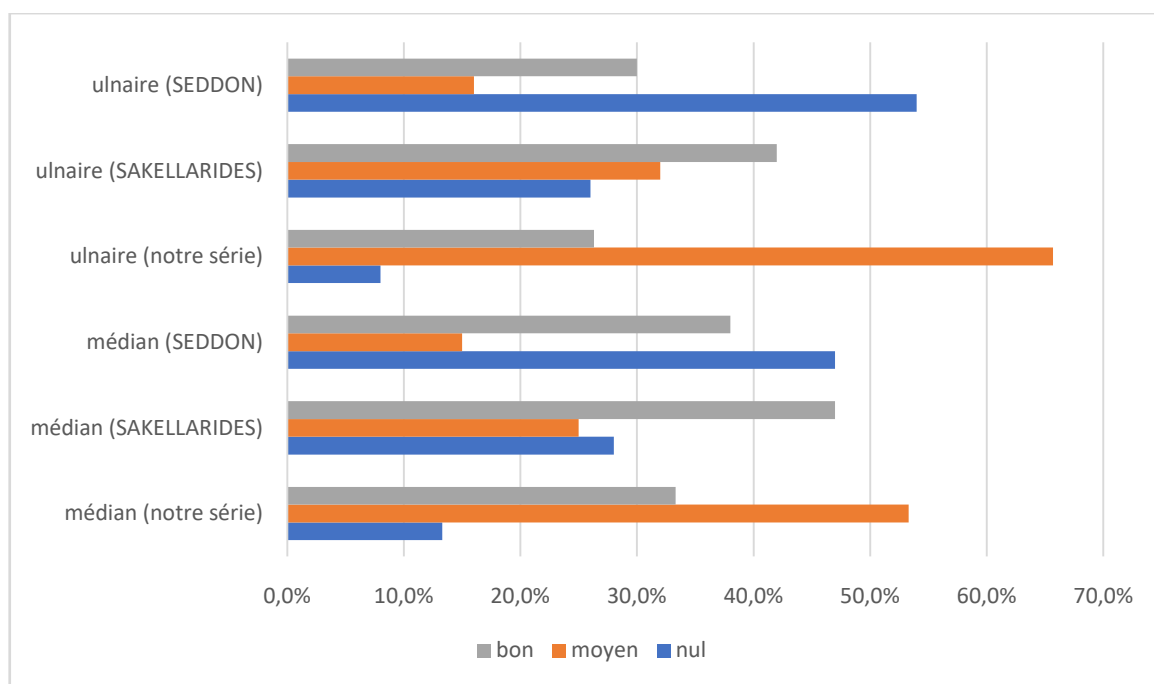


Diagramme n 18 : Comparaison des résultats analytiques sensitifs à ceux de H. SAKELLARIDES et HJ. SEDDON.

D. comparaison de nos résultats analytiques à ceux de Y. ALLIEU (1984), H. SAKELLARIDES, HJ. SEDDON et H. MILESSI (75) et à ceux de la série multicentrique (74)

1. Résultats moteurs et sensitifs bons et excellents :

- Pour le nerf médian

La récupération sensitive du nerf médian est supérieure à la récupération motrice dans toutes les séries sauf dans la nôtre où nous avons eu légèrement plus de bons et excellents résultats moteurs que sensitifs (tableau n 24).

Tableau n 24 : Comparaison de nos résultats analytiques bons et excellents du nerf médian à ceux des autres séries.

	Récupération motrice	Récupération sensitive
Notre série (2019)	36,6%	33,3%
Y. ALLIEU (1984)	44%	49%
H. SAKELLARIDES (1962)	39%	47%
HJ. SEDDON (1979)	32%	38%
H. MILLESI (1973)	82%	97%
Série multicentrique (1987)	68,5%	76,5%

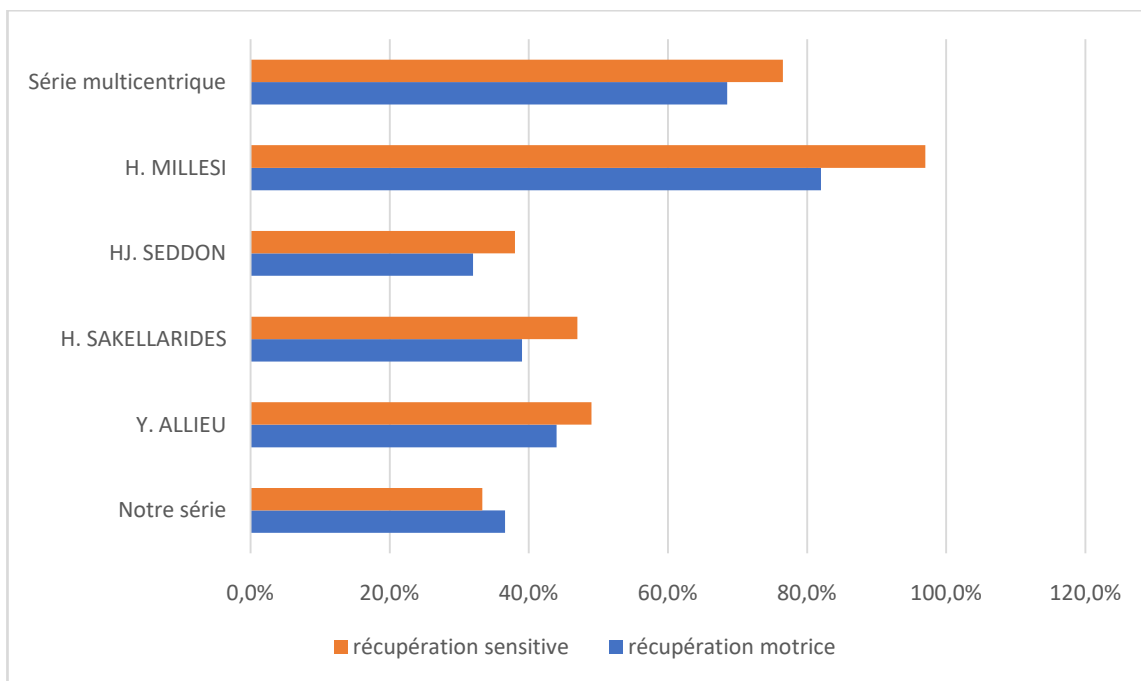


Diagramme n 19 : Comparaison de nos résultats analytiques bons et excellents du nerf médian à ceux des autres séries.

- Pour le nerf ulnaire

La récupération sensitive du nerf ulnaire est supérieure à la récupération motrice dans toutes les séries à comparer sauf dans la nôtre et celle de Y. ALLIEU, ceci serait dû à une séparation haute des deux contingents moteur et sensitif du nerf ulnaire (tableau n 25).

Tableau n 25 : Comparaison de nos résultats analytiques bons et excellents du nerf ulnaire à ceux des autres séries.

	Récupération motrice	Récupération sensitive
Notre série (2019)	31,5%	26,3%
Y. ALLIEU (1984)	63%	52%
H. SAKELLARIDES (1962)	40%	42%
HJ. SEDDON (1979)	16%	30%
H. MILLESI (1973)	83%	89%
Série multicentrique (1987)	59,5%	73%

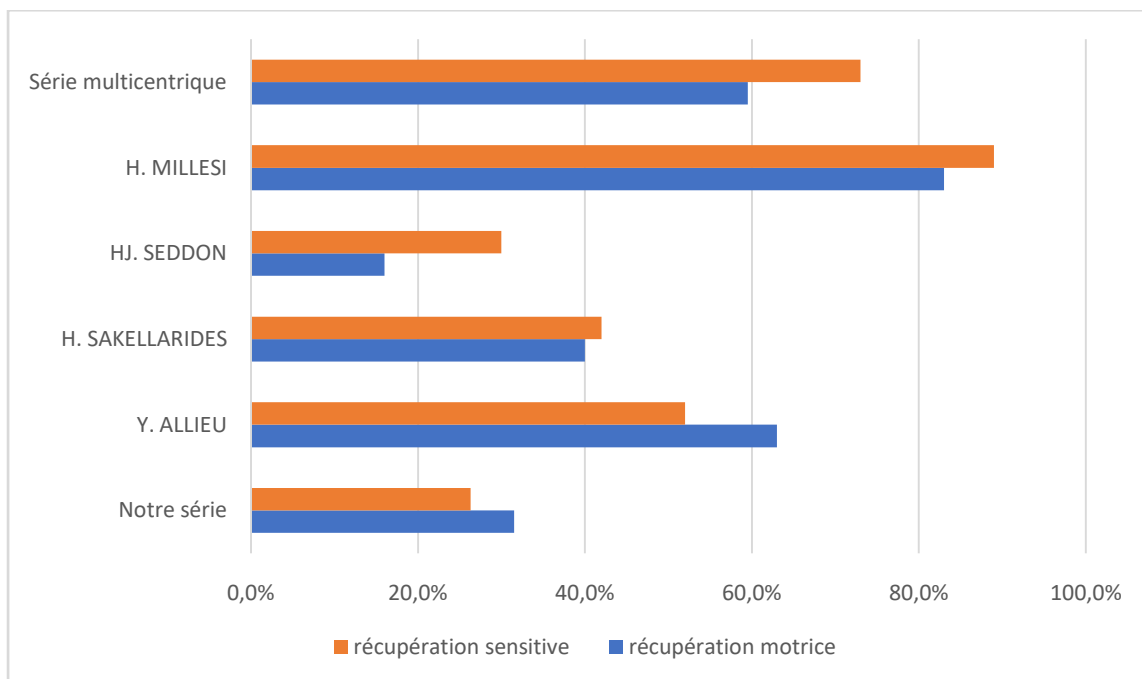


Diagramme n 20 : Comparaison de nos résultats analytiques bons et excellents du nerf ulnaire à ceux des autres séries.

2. Résultats moteurs et sensitifs utiles :

Selon toutes les séries à comparer, le résultat sensitif utile est : S1, S2, S3, S3+ et S4 ; et le résultat moteur utile est : M2, M3, M4 et M5.

Dans notre série, nous considérons que le résultat sensitif utile est : S2, S3, S3+ et S4 ; et le résultat moteur utile est : M3, M4 et M5.

- Pour le nerf médian

Tableau n 26 : Comparaison de nos résultats analytiques utiles du nerf médian à ceux des autres séries.

	Récupération motrice utile	Récupération sensitive utile
Notre série (2019)	36,6%	66,6%
Y. ALLIEU (1984)	47%	88%
H. SAKELLARIDES (1962)	60%	72%
HJ. SEDDON (1979)	90%	53%
H. MILLESI (1973)	89%	97%

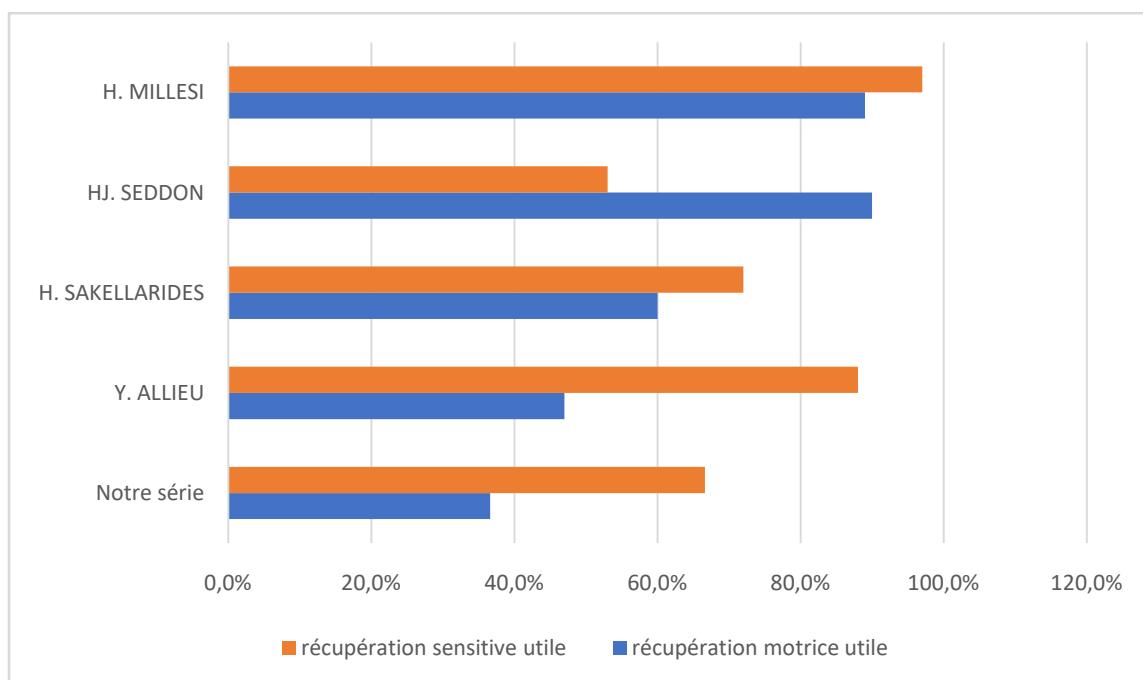


Diagramme n 21 : Comparaison de nos résultats analytiques utiles du nerf médian à ceux des autres séries.

La récupération sensitive utile du nerf médian est supérieure à la récupération motrice utile. Ceci est vrai pour toutes les séries sauf pour celle de HJ. SEDDON (tableau n 26).

Dans notre série, en considérant que le résultat sensitif utile est : S2, S3, S3+ et S4 ; et le résultat moteur utile est : M3, M4 et M5, la récupération sensitive utile du nerf médian (66,6%) est supérieure à la récupération motrice utile (36,6%).

- Pour le nerf ulnaire

Tableau n 27 : Comparaison de nos résultats analytiques utiles du nerf ulnaire à ceux des autres séries.

	Récupération motrice utile	Récupération sensitive utile
Notre série (2019)	31,5%	68,4%
Y. ALLIEU (1984)	80%	94%
H. SAKELLARIDES (1962)	70%	74%
HJ. SEDDON (1979)	78,5%	46%
H. MILLESI (1973)	94%	97%

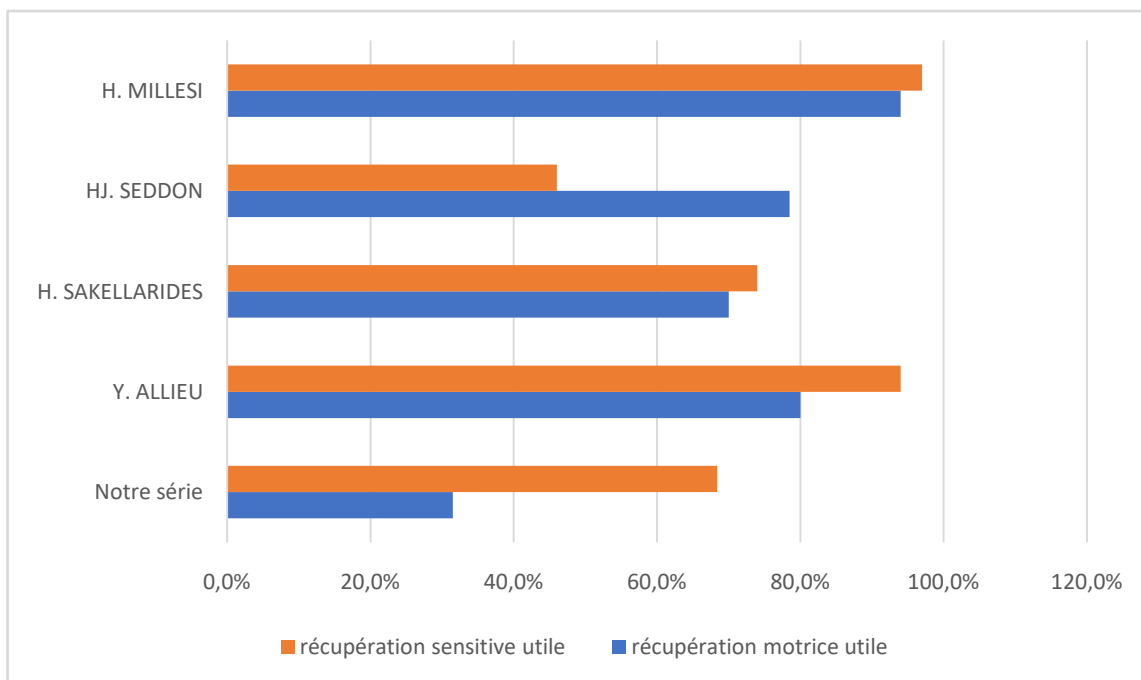


Diagramme n 22 : Comparaison de nos résultats analytiques utiles du nerf ulnaire à ceux des autres séries.

La récupération sensitive utile du nerf ulnaire est supérieure à la récupération motrice utile. Ceci est vrai pour toutes les séries sauf pour celle de HJ. SEDDON (tableau n 27).

Dans notre série, en considérant que le résultat sensitif utile est : S2, S3, S3+ et S4 ; et le résultat moteur utile est : M3, M4 et M5, la récupération sensitive utile du nerf ulnaire (68,4%) est supérieure à la récupération motrice utile (31,5%).

E. comparaison entre les résultats sensitivo-moteurs des plaies isolées du nerf médian ou du nerf ulnaire et les plaies associées médio-ulnaire dans notre série et dans la littérature.

Notre série montre la gravité de l'atteinte simultanée médio-ulnaire au niveau du poignet, le résultat sensitif et moteur après réparation des plaies isolées du nerf médian était meilleur que celui obtenu pour le nerf médian dans les lésions médio-ulnaires. Pour les réparations du nerf ulnaire, Cela n'a été constaté que dans le résultat moteur, pour le résultat sensitif, nous n'avons pas montré de différence significative entre la récupération sensitive des plaies isolées ou mixtes.

Kilinc (71) ainsi que la série de Nabeul (69) confirment cette gravité, mais seulement sur le résultat du nerf médian, pour le nerf ulnaire ils n'ont pas constaté de différence entre la récupération sensitivo-motrice des plaies isolées ou mixtes. Ceci serait attribué selon Kilinc (71) aux variations dans l'innervation de la loge thénarienne qui peut parfois dépendre du nerf ulnaire.

CONCLUSION

Les plaies nerveuses au poignet constituent un motif fréquent de consultation aux urgences de traumatologie, elles sont plus fréquentes chez le sujet de sexe masculin et dans la tranche d'âge entre 20 et 30 ans.

Dans notre contexte, les agressions représentent la cause la plus fréquente.

A l'admission, un bilan lésionnel s'impose afin de guider l'exploration chirurgicale. Il est basé sur le type de nerf lésé, le niveau lésionnel, l'état vasculaire et les lésions musculo-tendineuses associées.

Dans notre série, à défaut des instruments de microchirurgie, la réparation a été faite par du matériel classique à l'œil nu et sans grossissement.

En post-opératoire, une immobilisation s'avère indispensable et se fait généralement en légère flexion du poignet.

La récupération sensitivo-motrice est longue et dépend de nombreux facteurs pronostiques.

La rééducation, surtout de la sensibilité joue un rôle important impactant ainsi le résultat sensitivo-moteur finale.

Les lésions isolées du nerf médian ont un meilleur pronostic sensitivo-moteur que celles isolées du nerf ulnaire. Les lésions médio-ulnaires sont plus graves et donnent de moins bons résultats.

Dans notre étude menée sur 80 patients, nous avons eu de moins bons résultats comparés à ceux des autres séries de la littérature.

On conclut que la réparation faite dans notre étude sans matériel de grossissement et sans matériel de microchirurgie serait à l'origine des résultats insatisfaisant que nous avons obtenus, ainsi que le contexte d'agression et le profil particulier des patients qui n'adhèrent pas au programme de rééducation fonctionnelle.

RESUMES

Résumé

Introduction : Les plaies de la face antérieure du poignet siégeant entre le bord proximal du ligament annulaire antérieur du carpe et le quart inférieur de l'avant-bras associent souvent des lésions nerveuses, vasculaires et /ou tendineuses.

La récupération sensitive et motrice après section nerveuse au poignet est longue et dépend de nombreux facteurs pronostics.

Matériels et méthodes : 80 patients présentant 92 lésions nerveuses au poignet ont été revus rétrospectivement avec un recul moyen de 3 ans. Le nerf ulnaire était atteint de façon isolée 38 fois, le nerf médian 30 fois et l'atteinte simultanée a été rencontrée 12 fois. Nous avons constaté 37,5% de plaies vasculaires associées, l'association tendineuse a été toujours constaté.

Résultats : Après réparation des lésions isolée du nerf médian, 36,6% des patients ont obtenus des bons résultats moteurs (M3, M4 et M5). La récupération sensitive était supérieure ou égale à S3 dans 33,3%. Après réparation des lésions isolée du nerf ulnaire, 31,5% des patients ont obtenus des bons résultats moteurs. La récupération sensitive était supérieure ou égale à S3 dans 26,3%. Une griffe ulnaire était présente dans 30% des cas. Les plaies médio-ulnaires ont obtenus de moins bons résultats. Une reprise chirurgicale a été nécessaire dans 5 cas.

Conclusion : Les lésions isolées du nerf médian ont un meilleur pronostic sensitivo-moteur que celles isolées du nerf ulnaire. Les lésions médio-ulnaires sont plus graves et donnent de moins bons résultats.

Abstract

Introduction: Wounds on the anterior side of the wrist between the proximal edge of the anterior carpal ligament and the lower forearm often involve nerves, vascular, and / or tendons injuries.

The sensory and motor recovery after nerve section at the wrist is long and depends on many prognostic factors.

Materials and methods: 80 patients with 92 nerve lesions on the wrist were retrospectively reviewed with a mean follow-up of 3 years. The ulnar nerve was injured isolatedly 38 times, the median nerve 30 times and simultaneous involvement was found 12 times. We found 37.5% of vascular wounds associated, the tendon association was always found.

Results: After repair of the isolated lesions of the median nerve, 36.6% of the patients obtained good motor results (M3, M4 and M5). The sensory recovery was greater than or equal to S3 in 33.3%. After repair of isolated lesions of the ulnar nerve, 31.5% of the patients obtained good motor results. The sensory recovery was greater than or equal to S3 in 26.3%. An ulnar claw was present in 30% of cases. Medio-ulnar wounds have achieved worse results. Surgical revision was necessary in 5 cases.

Conclusion: Isolated lesions of the median nerve have a better sensory-motor prognosis than those isolated of the ulnar nerve. Medio-ulnar lesions are more serious and give worse results.

ملخص

مقدمة: إن الجروح الواقعة على الواجهة الأمامية للمعصم، ما بين الحافة القريبة للرباط الرسغي الأمامي والربع السفلي من الساعد كثيرا ما تنشأ عنها أضرارا على مستوى الأعصاب والأوعية الدموية والأوتار. إن التعافي الحسي والحركي بعد قطع الأعصاب في المعصم يتطلب زمنا طويلا ويعتمد على العديد من العوامل المؤثرة.

المواد والمناهج: قمنا بمراجعة استيعابية بمعدل 3 سنوات إلى الوراء لحالة 80 مرضيا كانوا يعانون من 92 ضرا عصبيا على مستوى المعصم. كان العصب الزندي مقطوعا وحده 38 مرة، والعصب الوسيط وحده 30 مرة، في حين قطع الإثنان 12 مرة. وقد عاينا جروحا في الأوعية الدموية لدى 37,5% من هذه الحالات.

في حين كانت جميع الحالات تمثل أضرارا وثرية.

النتائج: بعد إصلاح الأضرار المنعزلة للعصب الوسيط، حصل 36,6% من المرضى على نتائج حركية جيدة (M3,M4,M5) وكان استرجاع القدرات الحسية أكبر من أو يساوي S3 لدى 33,3% من المرضى. وبعد إصلاح الأضرار المعزولة للعصب الزندي تمكن 31,5% من المرضى من الحصول على نتائج حركية جيدة، أما استعادة القدرة الحسية فقد كانت أكبر من أو مساوية لـ S3 في 26,3% من الحالات. كما عاينا وجود مخلب زندي في 30% من الحالات.

أما الجروح على مستوى العصبين الزندي والوسيط فقد كانت نتائجها أسوء. وكانت المعاوذة الجراحية ضرورية في 05 حالات.

خاتمة: إن الأضرار المعزولة للعصب الوسيط تعطي نتائج حسية وحركية أفضل من الأضرار المعزولة للعصب الزندي. أما الجروح التي تشمل العصبين معا فإنها أخطر وذات نتائج غير جيدة.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. Bonnel F. configuration interne et histo-physiologie du nerf périphérique. Rev Chir Orthop. 1977 ;63 :35-8.
- [2]. Bunnell S. Hand Surgery: the surgery of nerves of the upper extremity. In: Instruct Lect Acad Ortho Surg, editors; 1956. p. 10-1109. Edwards Bros.
- [3]. Amend P. Réparation microchirurgicales des nerfs périphériques - A propos de 100 cas de plaies du nerf médian et du nerf cubital revues après un délai supérieur à 2 ans et demi (thèse). Médecine : Nancy ; 1982.152 p.
- [4]. Comtet JJ. Réparation des nerfs périphériques. Rev Chir Orthop. 1978 ;64 :289-90.
- [5]. Said G. Anatomie et physiologie du nerf périphérique normal. Encycl Med Chir. (Elsevier Masson, Paris), Appareil Locomoteur, 14005-A10, 1989, 4p.
- [6]. Tubiana R. Traité de chirurgie de la main. Paris: Masson ; 1986.
- [7]. Lanz U. anatomical variation of the median nerve in the carpal tunnel. J Hand Surg. 1977 ;2 :44.
- [8]. Alnot JY, Badelon O, Leroux D. Les plaies tendino-nerveuse à la face antérieure du poignet (62 cas). Rev Chir Ortho. 1986 ;72Suppl 2 : S12-S31.
- [9]. Mira JC. Le nerf périphérique normal. Aspects biologiques de la régénération nerveuse. Paris : VOLAL ; 1981.
- [10]. Mira JC. Dégénérescence et régénération nerveuse. Aspects biologiques de la régénération nerveuse. Paris: VOLAL ; 1981.
- [11]. Langley JN, Hashimoto M. On the suture of separate nerve bundles in a nerve trunk and on internal nerve plexus. J Physiol 1917; 51: 318-46.
- [12]. Tupper J. Fascicular nerve repair. Lecture held at symposium, San Francisco. In: Jewett DL, Mac Caroll Jr, HR. editors. Nerve repair and regeneration. Its clinical and experimental Basis. Mosby: St. Louis; 1980. p. 320-8.

- [13]. Bora FW. Peripheral nerve repair in cats. The fascicular stitch. *J Bone Joint Surg* 1967; 49A: 659-66.
- [14]. Bora F, Pleasure D, Didizian NA. A study of nerve regeneration and neuroma formation after nerve suture by various technique. *J Hand Surg* 1976; 1: 138-43.
- [15]. Cabaud HE, Rodkey WG, McCaroll HR, et al. Epineurial and perineurial fascicular nerve repair: A critical comparison. *J Hand Surg* 1976; 1: 131-7.
- [16]. Lundborg G. The intrinsic vascularization of human peripheral nerves ; structural and functional aspects. *J Hand Surg* 1979 ; 4 : 34-41.
- [17]. Tsuge K, Ikuta Y, Sakave M. A new technique for nerve suture : The anchoring funicular suture. *Plast Reconstr Surg* 1975 ; 56 : 496-500.
- [18]. Saint Venant A. Mémoire sur la torsion des prismes. *Mém Acad Sci (Paris)* 1856 ; 14 : 233-560.
- [19]. Michon J. Les techniques modernes de réparation des nerfs périphériques. In : Les lésions traumatiques des nerfs périphériques, editors. Monographie du GEM. Paris : Expansion scientifique française ; 1979.
- [20]. Bourrel P. Sections nerveuses traumatiques sans paralysie motrice de la main. *Ann Chir* 1974 ; 28 : 831-4.
- [21]. Bourrel P, Ferro RM, Lortihoir JM. Résultats cliniques comparés des sutures nerveuses «mixtes» épipérineurales et des sutures névrilemnatiques. À propos d'une série de 109 cas de plaies des nerfs de la main. *Sem Hôp Paris* 1981 ; 47-48 : 2015-23.
- [22]. Gosset J. Remarques sur le traitement des plaies fraîches des nerfs. *Rev Prat* 1965 ; 15 : 399-408.
- [23]. Meyer VE, Smahel J. The surgical art-surface of peripheral nerves. *Int J Microsurg* 1981 ; 2 : 187.

- [24]. De Medinaceli L, Church AC. Peripheral nerve reconnection : inhibition of early degenerative processes through the use of a novel fluid medium. *Exp Neurol* 1984 ; 84 : 396-408.
- [25]. Becker C, Guenning C, Graff G. Réparation du nerf périphérique : intérêt des colles biologiques et de la suture épipérineurale dans les interventions tardives. Étude expérimentale chez le rat. *Ann Chir Main* 1985 ; 4(3) : 259-62.
- [26]. Viterbo F, Trindade JC, Hoshino K, et al. Latero-terminal neurorrhaphy without removal of the epineural sheath. Experimental study in rats. *Rev Paul Med* 1992 ; 110(6) : 267-75.
- [27]. Amend P. Réparation microchirurgicale des nerfs périphériques. À propos de 100 cas de plaies du nerf médian et du nerf cubital revus après un délai supérieur à deux ans et demi. Thèse Méd Nancy ; 1982.
- [28]. Artiaco S, Tos P, Conforti LG, et al. Termino-lateral nerve suture in lesions of the digital nerves : clinical experience and literature review. *J Hand Surg Eur Vol* 2010 ; 35(2) : 109-14.
- [29]. Voche P1, Ouattara D. End-to-side neurorrhaphy for defects of palmar sensory digital nerves. *Br J Plast Surg* 2005 ; 58(2) : 239-44.
- [30]. Chiu DT, Janecka I, Krizek TJ, et al. Autogenous vein graft as a conduit for nerve regeneration. *Surgery* 1982 ; 91(2) : 226-33.
- [31]. Chiu DT, Strauch B. A prospective clinical evaluation of autogenous vein grafts used as a nerve conduit for distal sensory nerve defects of 3 cm or less. *Plast Reconstr Surg* 1990 ; 86(5) : 928-34.
- [32]. Smahel J, Jentsch B. Stimulation of peripheral nerve regeneration by an isolated nerve segment. *Ann Plast Surg* 1986 ; 16(6) : 494-501.

- [33]. Tang JB, Gu YQ, Song YS. Repair of digital nerve defect with autoge- nous vein graft during flexor tendon surgery in zone 2. *J Hand Surg [Br]* 1993 ; 18(4) : 449-53.
- [34]. Calcagnotto GN, Braga Silva J. La réparation de pertes de substance des nerfs digitaux avec la technique de la greffe veineuse plus inter- position de tissu nerveux. Étude prospective et randomisée. *Chir Main* 2006 ; 25(3-4) : 126-30.
- [35]. Khouri RK, Chiu DT, Feinberg J, et al. Effects of neurite- promoting factors on rat sciatic nerve regeneration. *Microsurgery* 1989 ; 10(3) : 206-9.
- [36]. Restrepo Y, Merle M, Petry D, et al. Empty perineural tube graft used to repair a digital nerve : a first case report. *Microsurgery* 1975 ; 6 : 73-7.
- [37]. Dellon AL, Mackinnon SE. An alternative to the classical nerve graft for the management of the short nerve gap. *Plast Reconstr Surg* 1988 ; 82(5) : 849-56.
- [38]. Mackinnon SE, Dellon AL. Clinical nerve reconstruction with a bio- absorbable polyglycolic acid tube. *Plast Reconstr Surg* 1990 ; 85(3) : 419-24.
- [39]. Berger A, Lassner F, Schaller E. Die Dellon-Rohrchen bei Verletzungen peripherer Nerven. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1994 ; 26(1) : 44-7.
- [40]. Lundborg G, Rosén B, Abrahamson SO, et al. Tubular repair of the median nerve in the human forearm. Preliminary findings. *J. J Hand Surg [Br]* 1994 ; 19(3) : 273-6.
- [41]. Lundborg G, Rosén B. Sensory relearning after nerve repair. *Lancet* 2001 ; 358(9284) : 809-10.

- [42]. Lundborg G, Rosén B, Dahlin L, et al. Tubular repair of the median or ulnar nerve in the human forearm : a 5-year follow-up. *J Hand Surg [Br]* 2004 ; 29(2) : 100-7.
- [43]. Merle M, Dellon AL, Campbell JN, et al. Complications from silicon polymer intubations of nerves. *Microsurgery* 1999 ; 10 : 130-3.
- [44]. Taras JS, Jacoby SM. Repair of lacerated peripheral nerves with nerve conduits. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2008 ; 12(2) : 100-6.
- [45]. Taras JS, Nanavati V, Steelman P. Nerve conduits. *J Hand Ther* 2005 ; 18(2) : 191-7.
- [46]. Taras JS, Jacoby SM, Lincoski CJ. Reconstruction of digital nerves with collagen conduits. *J Hand Surg Am* 2011 ; 36(9) : 1441-6.
- [47]. Bushnell BD, McWilliams AD, Whitener GB, et al. Early clinical experience with collagen nerve tubes in digital nerve repair. *J Hand Surg Am* 2008 ; 33(7) : 1081-7.
- [48]. Lin MY, Manzano G, Gupta R. Nerve allografts and conduits in peripheral nerve repair. *Hand Clin* 2013 ; 29(3) : 331-48.
- [49]. Lohmeyer JA, Siemers F, Machens HG, et al. The clinical use of artificial nerve conduits for digital nerve repair : a prospective cohort study and literature review. *J Reconstr Microsurg* 2009 ; 25(1) : 55-61.
- [50]. Thomsen L, Bellemere P, Loubersac T, et al. Treatment by collagen conduit of painful post-traumatic neuroma of the sensitive digital nerve : a retrospective study of 10 cases. *Chir Main* 2010 ; 29(4) : 255-62.
- [51]. Wangensteen KJ, Kalliainen LK. Collagen tube conduits in peripheral nerve repair : a retrospective analysis. *Hand (NY)* 2010 ; 5(3) : 273-7.

- [52]. Prabhakaran MP, Venugopal JR, Chyan TT, et al. Electrospun bio-composite nanofibrous scaffolds for neural tissue engineering. *Tissue Eng Part A* 2008 ; 14(11) : 1787–97.
- [53]. Archibald SJ, Krarup C, Shefner J, et al. A collagen-based nerve guide conduit for peripheral nerve repair : an electrophysiological study of nerve regeneration in rodents and nonhuman primates. *J Comp Neurol* 1991 ; 306(4) : 685–96.
- [54]. Archibald SJ, Shefner J, Krarup C, et al. Monkey median nerve repaired by nerve graft or collagen nerve guide tube. *J Neurosci* 1995 ; 15(5 Pt 2) : 4109–23.
- [55]. Albert E. Einige operationen am nerven. *Wien Med Press* ; 1885 : 1285.
- [56]. Mackinnon SE, Doolabh VB, Novak CB, et al. Clinical outcome following nerve allograft transplantation. *Plast Reconstr Surg* 2001 ; 107(6) : 1419–29.
- [57]. Alligand-Perrin P, Rabarin F, Jeudy J, et al. Vein conduit associated with microsurgical suture for complete collateral digital nerve severance. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011 ; 97(4 Suppl).
- [58]. Raimbeau G, Payet E, Jeudy J, Cesrai B, Rabarin F, Saint Cast Y. Manchonnage veineux des sutures microchirurgicales des nerfs collatéraux palmaires. E-Mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, séance du 22 octobre 2014.
- [59]. Merle M, Lallemand B, Lim A, et al. Experimental and clinical evaluation of an absorbable biomaterial inducing an anti-adhesive barrier (Divide®). *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2008 ; 18(4) : 255–63.
- [60]. Möberg E. Objective methods for determining the functional value of sensibility in the hand. *J Bone Joint Surg Br* 1958 ; 40(3) : 454–76.

- [61]. Wynn-Parry CB. Rehabilitation of the Hand. London : Butterworths ; 1981.
- [62]. Winn-Parry CB. Peripheral nerve injuries : sensation. J Bone Joint Surg Br 1986 ; 68 : 15-9.
- [63]. Dellon AL, Kallman, CH Evaluation of functional sensation in the hand. J Hand Surg 1983 ; 8 : 865-70.
- [64]. Isel M, Merle M. Orthèses de la main et du poignet. Elsevier Masson : Protocoles de rééducation. Issy-les-Moulineaux ; 2012.
- [65]. Ramachandran VS, Hirstein W. The perception of phantom limbs. The DO Hebb Lecture Brain 1998 ; 121 : 1603-30.
- [66]. Rosén B, Lundborg G. Enhanced sensory recovery after median nerve using cortical audio-tactile interaction. A randomised multicentre study. J Hand Surg Eur Vol 2007 ; 32(1) : 31-7.
- [67]. Bouallègue K, Bahri H, Tarhouni L, Djellai M, Sassi F. La rééducation de la sensibilité de la main. SOTCOT, juin 1992.
- [68]. Y. Najeb , A. Zahar, S. Fnini, M. Ouarab, A. Largab, A. Garch, M. Trafefeh ; Résultats de la réparation primaire des plaies du nerf médian au niveau du poignet : à propos de 24 cas. Chirurgie de la main 22(2003) ; 207-210.
- [69]. El Bouchtili N, les plaies nerveuses au poignet à propos de 111 cas (thèse) Médecine : Tunis ; 2014.
- [70]. Lenoble E, Sokolow C, Ebelin M, Rigot J, Dabos N, Lemerle JP, Vilain R. Results of primary repair of twenty eight isolated median nerve injuries at the wrist. Ann Chir Main. 1989;8:347-51.
- [71]. Kilinc A. Résultats de la réparation primaire des plaies du nerf médian et du nerf ulnaire au poignet. Chirurgie de la main. 2009 ;28 :87-92.

- [72]. Alnot JY, Badelon O, Leroux D. Les plaies tendino-nerveuses à la face antérieure du poignet (62 cas). Rev Chir Ortho. 1986 ;72 Suppl 2 : S126-S31.
- [73]. Lamine A, Fikry T, Zryouil B. Associated median-ulnar nerve injuries at the level of the wrist : about 17 cases. Rev Chir Orthop. 1993;79:398-401.
- [74]. Allieu Y et col. Résultats des sutures nerveuses sous microscope. Rev Chir Orthop. 1987 ;64 :276-83.
- [75]. Desbonnet P. Réparations nerveuses tronculaires du membre supérieur. Analyse clinique et informatique de 110 cas (thèse). Médecine : Montpellier ; 1984.182p.
- [76]. N.Gasse D.Lepage S.Rochet Y.Tropet P.Garbuio L.Obert. Le lambeau de fléchisseur superficiel des doigts dans le traitement des névromes en continuité du nerf médian ; chirurgie de la main, Volume 28, Issue 05 , 2009, page 301-305.
- [77]. Pr Ag Kessomtini Langor W. ; les lésions nerveuses périphériques du membre supérieur (Monastir), 2016.
- [78]. N. BASSET ; orthèses sur mesure et rééducation spécialisée main et poignet (Lyon),2011.
- [79]. A. Belmahi *, A. Amrani, N. Gharib, A. Abbassi ; Le carré pronateur : un lambeau « aspirine » dans la chirurgie antalgique des névromes douloureux au poignet. Chirurgie de la Main 2002 ; 21 : 188-93.