

UNIVERSITE MOHAMMED V - RABAT
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT-

ANNEE: 2017

THESE N°:194

PLACE DE LA CHIRURGIE NERVEUSE
DANS LA PRISE EN CHARGE DE LA PARALYSIE
OBSTETRICALE DU PLEXUS BRACHIAL
(A PROPOS DE 26 CAS AVEC REVUE DE LA LITTERATURE)

THESE

Présentée et soutenue publiquement le :.....

PAR

Mlle. Ratiba JENNANE
Née le 16 Janvier 1992 à Rabat

Pour l'Obtention du Doctorat en Médecine

MOTS CLES : Paralysie obstétricale du plexus brachial – Chirurgie nerveuse – Neurotisation –
Greffes nerveuses – Transfert nerveux.

JURY

Mr. M. H. ALAMI

Professeur de Gynécologie Obstétrique

PRESIDENT

Mr. A. AMRANI

Professeur de Traumatologie Orthopédie Pédiatrique

RAPPORTEUR

Mr. M. BOUSSOUGA

Professeur de Traumatologie Orthopédie

Mme. A. BARKAT

Professeur de Pédiatrie

Mr. M. A. DENDANE

Professeur de Traumatologie Orthopédie Pédiatrique

JUGES

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"سبحانك لا علم لنا
إلا ما علمتنا
إنك أنت العليم الحكيم"

سورة البقرة: الآية: 31

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ



UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT

DOYENS HONORAIRES :

1962 – 1969 : Professeur Abdelmalek FARAJ
1969 – 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH
1974 – 1981 : Professeur Bachir LAZRAK
1981 – 1989 : Professeur Taieb CHKILI
1989 – 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI
1997 – 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI
2003 – 2013 : Professeur Najia HAJJAJ - HASSOUNI



ADMINISTRATION :

Doyen : Professeur Mohamed ADNIAOUI
Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et étudiantes
Professeur Mohammed AHALLAT
Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération
Professeur Taoufiq DAKKA
Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie
Professeur Jamal TAOUFIK
Secrétaire Général : Mr. Mohamed KARRA

**1- ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS
ET
PHARMACIENS**

PROFESSEURS :

Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi
Pr. SETTAF Abdellatif

Médecine Interne – Clinique Royale
Anesthésie -Réanimation
pathologie Chirurgicale

Novembre et Décembre 1985

Pr. BENSAID Younes

Pathologie Chirurgicale

Janvier, Février et Décembre 1987

Pr. CHAHED OUZZANI Houria
Pr. LACHKAR Hassan
Pr. YAHYAOUI Mohamed

Gastro-Entérologie
Médecine Interne
Neurologie

Décembre 1988

Pr. BENHAMAMOUCH Mohamed Najib
Pr. DAFIRI Rachida

Chirurgie Pédiatrique
Radiologie

Décembre 1989

Pr. ADNIAOUI Mohamed
Pr. CHAD Bouziane

Médecine Interne – Doyen de la FMPR
Pathologie Chirurgicale

Pr. OUZZANI Taïbi Mohamed Réda

Janvier et Novembre 1990

Pr. CHKOFF Rachid
Pr. HACHIM Mohammed*
Pr. KHARBACH Aïcha
Pr. MANSOURI Fatima
Pr. TAZI Saoud Anas

Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AL HAMANY Zaïtounia
Pr. AZZOUZI Abderrahim
Pr. BAYAHIA Rabéa
Pr. BELKOUCHI Abdelkader
Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif
Pr. BENSOUA Yahia
Pr. BERRAHO Amina
Pr. BEZZAD Rachid
Pr. CHABRAOUI Layachi
Pr. CHERRAH Yahia
Pr. CHOKAIRI Omar
Pr. KHATTAB Mohamed
Pr. SOULAYMANI Rachida
Pr. TAOUFIK Jamal

Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed
Pr. BENSOUA Adil
Pr. BOUJIDA Mohamed Najib
Pr. CHAHED OUZZANI Laaziza
Pr. CHRAIBI Chafiq
Pr. DEHAYNI Mohamed*
Pr. EL OUAHABI Abdessamad
Pr. FELLAT Rokaya
Pr. GHAFIR Driss*
Pr. JIDDANE Mohamed
Pr. TAGHY Ahmed
Pr. ZOUHDI Mimoun

Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Noureddine
Pr. BEN RAIS Nozha
Pr. CAOUI Malika
Pr. CHRAIBI Abdelmjid

Pr. EL AMRANI Sabah
Pr. EL BARDOUNI Ahmed
Pr. EL HASSANI My Rachid
Pr. ERROUGANI Abdelkader
Pr. ESSAKALI Malika

Neurologie

Pathologie Chirurgicale
Médecine-Interne
Gynécologie -Obstétrique
Anatomie-Pathologique
Anesthésie Réanimation

Anatomie-Pathologique
Anesthésie Réanimation – **Doyen de la FMPO**
Néphrologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Pharmacie galénique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Biochimie et Chimie
Pharmacologie
Histologie Embryologie
Pédiatrie
Pharmacologie – **Dir. du Centre National PV**
Chimie thérapeutique **V.D à la pharmacie+Dir du CEDOC**

Chirurgie Générale V.D Aff. Acad. et Estud
Anesthésie Réanimation
Radiologie
Gastro-Entérologie
Gynécologie Obstétrique
Gynécologie Obstétrique
Neurochirurgie
Cardiologie
Médecine Interne
Anatomie
Chirurgie Générale
Microbiologie



Radiothérapie
Biophysique
Biophysique
Endocrinologie et Maladies Métaboliques **Doyen de la FMPA**
Gynécologie Obstétrique
Traumato-Orthopédie
Radiologie
Chirurgie Générale- **Directeur CHIS**
Immunologie

Pr. ETTAYEBI Fouad
Pr. HADRI Larbi*
Pr. HASSAM Badredine
Pr. IFRINE Lahssan
Pr. JELTHI Ahmed
Pr. MAHFOUD Mustapha
Pr. RHRAB Brahim
Pr. SENOUCI Karima

Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed*
Pr. ABDELHAK M'barek
Pr. BELAIDI Halima
Pr. BENTAHILA Abdelali
Pr. BENYAHIA Mohammed Ali
Pr. BERRADA Mohamed Saleh
Pr. CHAMI Ilham
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae
Pr. JALIL Abdelouahed
Pr. LAKHDAR Amina
Pr. MOUANE Nezha

Mars 1995

Pr. ABOUQUAL Redouane
Pr. AMRAOUI Mohamed
Pr. BAIDADA Abdelaziz
Pr. BARGACH Samir
Pr. CHAARI Jilali*
Pr. DIMOU M'barek*
Pr. DRISSI KAMILI Med Nordine*
Pr. EL MESNAOUI Abbas
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila
Pr. HDA Abdelhamid*
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia
Pr. SEFIANI Abdelaziz
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Décembre 1996

Pr. AMIL Touriya*
Pr. BELKACEM Rachid
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan
Pr. GAOUZI Ahmed
Pr. MAHFOUDI M'barek*
Pr. OUADGHIRI Mohamed
Pr. OUZEDDOUN Naima
Pr. ZBIR EL Mehdi*

Novembre 1997

Pr. ALAMI Mohamed Hassan
Pr. BEN SLIMANE Lounis
Pr. BIROUK Nazha
Pr. ERREIMI Naima

Chirurgie Pédiatrique
Médecine Interne
Dermatologie
Chirurgie Générale
Anatomie Pathologique
Traumatologie – Orthopédie
Gynécologie – Obstétrique
Dermatologie

Urologie
Chirurgie – Pédiatrique
Neurologie
Pédiatrie
Gynécologie – Obstétrique
Traumatologie – Orthopédie
Radiologie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie

Réanimation Médicale
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Gynécologie Obstétrique
Médecine Interne
Anesthésie Réanimation
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Oto-Rhino-Laryngologie
Cardiologie - **Directeur HMI Med V**
Urologie
Ophtalmologie
Génétique
Réanimation Médicale

Radiologie
Chirurgie Pédiatrie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Radiologie
Traumatologie-Orthopédie
Néphrologie
Cardiologie



Pr. FELLAT Nadia
 Pr. HAIMEUR Charki*
 Pr. KADDOURI Nouredine
 Pr. KOUTANI Abdellatif
 Pr. LAHLOU Mohamed Khalid
 Pr. MAHRAOUI CHAFIQ
 Pr. TAOUFIQ Jallal
 Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Novembre 1998

Pr. AFIFI RAJAA
 Pr. BENOMAR ALI
 Pr. BOUGTAB Abdesslam
 Pr. ER RIHANI Hassan
 Pr. BENKIRANE Majid*
 Pr. KHATOURI ALI*

Janvier 2000

Pr. ABID Ahmed*
 Pr. AIT OUMAR Hassan
 Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr.Sououd
 Pr. BOURKADI Jamal-Eddine
 Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer
 Pr. ECHARRAB El Mahjoub
 Pr. EL FTOUH Mustapha
 Pr. EL MOSTARCHID Brahim*
 Pr. ISMAILI Hassane*
 Pr. MAHMOUDI Abdelkrim*
 Pr. TACHINANTE Rajae
 Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia
 Pr. AJANA Fatima Zohra
 Pr. BENAMR Said
 Pr. CHERTI Mohammed
 Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma
 Pr. EL HASSANI Amine
 Pr. EL KHADER Khalid
 Pr. EL MAGHRAOUI Abdellah*
 Pr. GHARBI Mohamed El Hassan
 Pr. MAHASSINI Najat
 Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae
 Pr. ROUIMI Abdelhadi*

Décembre 2000

Pr. ZOHAIR ABDELAH*

Décembre 2001

Pr. BALKHI Hicham*
 Pr. BENABDELJLIL Maria

Cardiologie
 Anesthésie Réanimation
 Chirurgie Pédiatrique
 Urologie
 Chirurgie Générale
 Pédiatrie
 Psychiatrie
 Gynécologie Obstétrique

Gastro-Entérologie
 Neurologie – **Doyen de la FMP Abulcassis**
 Chirurgie Générale
 Oncologie Médicale
 Hématologie
 Cardiologie

Pneumophtisiologie
 Pédiatrie
 Pédiatrie
 Pneumo-phtisiologie
 Chirurgie Générale
 Chirurgie Générale
 Pneumo-phtisiologie
 Neurochirurgie
 Traumatologie Orthopédie- **Dir. Hop. Av. Marr.**
 Anesthésie-Réanimation **Inspecteur du SSM**
 Anesthésie-Réanimation
 Médecine Interne



Neurologie
 Gastro-Entérologie
 Chirurgie Générale
 Cardiologie
 Anesthésie-Réanimation
 Pédiatrie **Directeur Hop. Chekikh Zaied**
 Urologie
 Rhumatologie
 Endocrinologie et Maladies Métaboliques
 Anatomie Pathologique
 Pédiatrie
 Neurologie

ORL

Anesthésie-Réanimation
 Neurologie

Pr. BENAMAR Loubna
 Pr. BENAMOR Jouda
 Pr. BENELBARHDADI Imane
 Pr. BENNANI Rajae
 Pr. BENOUACHANE Thami
 Pr. BEZZA Ahmed*
 Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi
 Pr. BOUMDIN El Hassane*
 Pr. CHAT Latifa
 Pr. DAALI Mustapha*
 Pr. DRISSI Sidi Mourad*
 Pr. EL HIJRI Ahmed
 Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid
 Pr. EL MADHI Tarik
 Pr. EL OUNANI Mohamed
 Pr. ETTAIR Said
 Pr. GAZZAZ Miloudi*
 Pr. HRORA Abdelmalek
 Pr. KABBAJ Saad
 Pr. KABIRI EL Hassane*
 Pr. LAMRANI Moulay Omar
 Pr. LEKEHAL Brahim
 Pr. MAHASSIN Fattouma*
 Pr. MEDARHRI Jalil
 Pr. MIKDAME Mohammed*
 Pr. MOHSINE Raouf
 Pr. NOUINI Yassine
 Pr. SABBAB Farid
 Pr. SEFIANI Yasser
 Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Décembre 2002

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane*
 Pr. AMEUR Ahmed *
 Pr. AMRI Rachida
 Pr. AOURARH Aziz*
 Pr. BAMOU Youssef *
 Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*
 Pr. BENZEKRI Laila
 Pr. BENZZOUBEIR Nadia
 Pr. BERNOUSSI Zakiya
 Pr. BICHRA Mohamed Zakariya*
 Pr. CHOHO Abdelkrim *
 Pr. CHKIRATE Bouchra
 Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair
 Pr. EL HAOURI Mohamed *
 Pr. FILALI ADIB Abdelhai
 Pr. HAJJI Zakia
 Pr. IKEN Ali
 Pr. JAAFAR Abdeloihab*

Néphrologie
 Pneumo-phtisiologie
 Gastro-Entérologie
 Cardiologie
 Pédiatrie
 Rhumatologie
 Anatomie
 Radiologie
 Radiologie
 Chirurgie Générale
 Radiologie
 Anesthésie-Réanimation
 Neuro-Chirurgie
 Chirurgie-Pédiatrique
 Chirurgie Générale
 Pédiatrie **Directeur. Hop.d'Enfants**
 Neuro-Chirurgie
 Chirurgie Générale
 Anesthésie-Réanimation
 Chirurgie Thoracique
 Traumatologie Orthopédie
 Chirurgie Vasculaire Périphérique
 Médecine Interne
 Chirurgie Générale
 Hématologie Clinique
 Chirurgie Générale
 Urologie **Directeur Hôpital Ibn Sina**
 Chirurgie Générale
 Chirurgie Vasculaire Périphérique
 Pédiatrie



Anatomie Pathologique
 Urologie
 Cardiologie
 Gastro-Entérologie
 Biochimie-Chimie
 Endocrinologie et Maladies Métaboliques
 Dermatologie
 Gastro-Entérologie
 Anatomie Pathologique
 Psychiatrie
 Chirurgie Générale
 Pédiatrie
 Chirurgie Pédiatrique
 Dermatologie
 Gynécologie Obstétrique
 Ophtalmologie
 Urologie
 Traumatologie Orthopédie

Pr. KRIOUILE Yamina
 Pr. LAGHMARI Mina
 Pr. MABROUK Hfid*
 Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss*
 Pr. OUJILAL Abdelilah
 Pr. RACHID Khalid *
 Pr. RAISS Mohamed
 Pr. RGUIBI IDRISSE Sidi Mustapha*
 Pr. RHOUE Hakima
 Pr. SIAH Samir *
 Pr. THIMOU Amal
 Pr. ZENTAR Aziz*

Janvier 2004

Pr. ABDELLAH El Hassan
 Pr. AMRANI Mariam
 Pr. BENBOUZID Mohammed Anas
 Pr. BENKIRANE Ahmed*
 Pr. BOUGHALEM Mohamed*
 Pr. BOULAADAS Malik
 Pr. BOURAZZA Ahmed*
 Pr. CHAGAR Belkacem*
 Pr. CHERRADI Nadia
 Pr. EL FENNI Jamal*
 Pr. EL HANCHI ZAKI
 Pr. EL KHORASSANI Mohamed
 Pr. EL YOUNASSI Badreddine*
 Pr. HACHI Hafid
 Pr. JABOUIRIK Fatima
 Pr. KHARMAZ Mohamed
 Pr. MOUGHIL Said
 Pr. OUBAAZ Abdelbarre*
 Pr. TARIB Abdelilah*
 Pr. TIJAMI Fouad
 Pr. ZARZUR Jamila

Janvier 2005

Pr. ABBASSI Abdellah
 Pr. AL KANDRY Sif Eddine*
 Pr. ALLALI Fadoua
 Pr. AMAZOUZI Abdellah
 Pr. AZIZ Noureddine*
 Pr. BAHIRI Rachid
 Pr. BARKAT Amina
 Pr. BENYASS Aatif
 Pr. BERNOUSSI Abdelghani
 Pr. DOUDOUH Abderrahim*
 Pr. EL HAMZAOUY Sakina*
 Pr. HAJJI Leila
 Pr. HESSISSEN Leila
 Pr. JIDAL Mohamed*
 Pr. LAAROUSSI Mohamed

Pédiatrie
 Ophtalmologie
 Traumatologie Orthopédie
 Gynécologie Obstétrique
 Oto-Rhino-Laryngologie
 Traumatologie Orthopédie
 Chirurgie Générale
 Pneumophtisiologie
 Néphrologie
 Anesthésie Réanimation
 Pédiatrie
 Chirurgie Générale

Ophtalmologie
 Anatomie Pathologique
 Oto-Rhino-Laryngologie
 Gastro-Entérologie
 Anesthésie Réanimation
 Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
 Neurologie
 Traumatologie Orthopédie
 Anatomie Pathologique
 Radiologie
 Gynécologie Obstétrique
 Pédiatrie
 Cardiologie
 Chirurgie Générale
 Pédiatrie
 Traumatologie Orthopédie
 Chirurgie Cardio-Vasculaire
 Ophtalmologie
 Pharmacie Clinique
 Chirurgie Générale
 Cardiologie

Chirurgie Réparatrice et Plastique
 Chirurgie Générale
 Rhumatologie
 Ophtalmologie
 Radiologie
 Rhumatologie
 Pédiatrie
 Cardiologie
 Ophtalmologie
 Biophysique
 Microbiologie
 Cardiologie
 Pédiatrie
 Radiologie
 Chirurgie Cardio-vasculaire



(mise en disponibilité)

Pr. LYAGOUBI Mohammed
Pr. NIAMANE Radouane*
Pr. RAGALA Abdelhak
Pr. SBIHI Souad
Pr. ZERAIDI Najia

Décembre 2005

Pr. CHANI Mohamed

Avril 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen*
Pr. AKJOUJ Said*
Pr. BELMEKKI Abdelkader*
Pr. BENCHEIKH Razika
Pr. BIYI Abdelhamid*
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine
Pr. BOULAHYA Abdellatif*
Pr. CHENGUETI ANSARI Anas
Pr. DOGHMI Nawal
Pr. FELLAT Ibtissam
Pr. FAROUDY Mamoun
Pr. HARMOUCHE Hicham
Pr. HANAFI Sidi Mohamed*
Pr. IDRIS LAHLOU Amine*
Pr. JROUNDI Laila
Pr. KARMOUNI Tariq
Pr. KILI Amina
Pr. KISRA Hassan
Pr. KISRA Mounir
Pr. LAATIRIS Abdelkader*
Pr. LMIMOUNI Badreddine*
Pr. MANSOURI Hamid*
Pr. OUANASS Abderrazzak
Pr. SAFI Soumaya*
Pr. SEKKAT Fatima Zahra
Pr. SOUALHI Mouna
Pr. TELLAL Saida*
Pr. ZAHRAOUI Rachida

Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid
Pr. ACHACHI Leila
Pr. ACHOUR Abdessamad*
Pr. AIT HOUSSA Mahdi*
Pr. AMHAJJI Larbi*
Pr. AOUI Sarra
Pr. BAITE Abdelouahed*
Pr. BALOUCH Lhousaine*
Pr. BENZIANE Hamid*
Pr. BOUTIMZINE Nourdine
Pr. CHARKAOUI Naoual*

Parasitologie
Rhumatologie
Gynécologie Obstétrique
Histo-Embryologie Cytogénétique
Gynécologie Obstétrique

Anesthésie Réanimation

Rhumatologie
Radiologie
Hématologie
O.R.L
Biophysique
Chirurgie - Pédiatrique
Chirurgie Cardio – Vasculaire
Gynécologie Obstétrique
Cardiologie
Cardiologie
Anesthésie Réanimation
Médecine Interne
Anesthésie Réanimation
Microbiologie
Radiologie
Urologie
Pédiatrie
Psychiatrie
Chirurgie – Pédiatrique
Pharmacie Galénique
Parasitologie
Radiothérapie
Psychiatrie
Endocrinologie
Psychiatrie
Pneumo – Phtisiologie
Biochimie
Pneumo – Phtisiologie



Réanimation médicale
Pneumo phtisiologie
Chirurgie générale
Chirurgie cardio vasculaire
Traumatologie orthopédie
Parasitologie
Anesthésie réanimation **Directeur ERSM**
Biochimie-chimie
Pharmacie clinique
Ophtalmologie
Pharmacie galénique

Pr. EHIRCHIOU Abdelkader*
 Pr. ELABSI Mohamed
 Pr. EL MOUSSAOUI Rachid
 Pr. EL OMARI Fatima
 Pr. GHARIB Noureddine
 Pr. HADADI Khalid*
 Pr. ICHOU Mohamed*
 Pr. ISMAILI Nadia
 Pr. KEBDANI Tayeb
 Pr. LALAOUI SALIM Jaafar*
 Pr. LOUZI Lhoussain*
 Pr. MADANI Naoufel
 Pr. MAHI Mohamed*
 Pr. MARC Karima
 Pr. MASRAR Azlarab
 Pr. MRABET Mustapha*
 Pr. MRANI Saad*
 Pr. OUZZIF Ez zohra*
 Pr. RABHI Monsef*
 Pr. RADOUANE Bouchaib*
 Pr. SEFFAR Myriame
 Pr. SEKHSOKH Yessine*
 Pr. SIFAT Hassan*
 Pr. TABERKANET Mustafa*
 Pr. TACHFOUTI Samira
 Pr. TAJDINE Mohammed Tariq*
 Pr. TANANE Mansour*
 Pr. TLIGUI Houssain
 Pr. TOUATI Zakia

Décembre 2007

Pr. DOUHAL ABDERRAHMAN

Décembre 2008

Pr. ZOUBIR Mohamed*
 Pr. TAHIRI My El Hassan*

Mars 2009

Pr. ABOUZAHIR Ali*
 Pr. AGDR Aomar*
 Pr. AIT ALI Abdelmounaim*
 Pr. AIT BENHADDOU El hachmia
 Pr. AKHADDAR Ali*
 Pr. ALLALI Nazik
 Pr. AMINE Bouchra
 Pr. ARKHA Yassir
 Pr. BELYAMANI Lahcen*
 Pr. BJIJOU Younes

Chirurgie générale
 Chirurgie générale
 Anesthésie réanimation
 Psychiatrie
 Chirurgie plastique et réparatrice
 Radiothérapie
 Oncologie médicale
 Dermatologie
 Radiothérapie
 Anesthésie réanimation
 Microbiologie
 Réanimation médicale
 Radiologie
 Pneumo phtisiologie
 Hématologique
 Médecine préventive santé publique et hygiène
 Virologie
 Biochimie-chimie
 Médecine interne
 Radiologie
 Microbiologie
 Microbiologie
 Radiothérapie
 Chirurgie vasculaire périphérique
 Ophtalmologie
 Chirurgie générale
 Traumatologie orthopédie
 Parasitologie
 Cardiologie

Ophtalmologie

Anesthésie Réanimation
 Chirurgie Générale

Médecine interne
 Pédiatre
 Chirurgie Générale
 Neurologie
 Neuro-chirurgie
 Radiologie
 Rhumatologie
 Neuro-chirurgie
 Anesthésie Réanimation
 Anatomie



Pr. BOUHSAIN Sanae*
 Pr. BOUI Mohammed*
 Pr. BOUNAIM Ahmed*
 Pr. BOUSSOUGA Mostapha*
 Pr. CHAKOUR Mohammed *
 Pr. CHTATA Hassan Toufik*
 Pr. DOGHMI Kamal*
 Pr. EL MALKI Hadj Omar
 Pr. EL OUENNASS Mostapha*
 Pr. ENNIBI Khalid*
 Pr. FATHI Khalid
 Pr. HASSIKOU Hasna *
 Pr. KABBAJ Nawal
 Pr. KABIRI Meryem
 Pr. KARBOUBI Lamya
 Pr. L'KASSIMI Hachemi*
 Pr. LAMSAOURI Jamal*
 Pr. MARMADE Lahcen
 Pr. MESKINI Toufik
 Pr. MESSAOUDI Nezha *
 Pr. MSSROURI Rahal
 Pr. NASSAR Ittimade
 Pr. OUKERRAJ Latifa
 Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani *

PROFESSEURS AGREGES :

Octobre 2010

Pr. ALILOU Mustapha
 Pr. AMEZIANE Taoufik*
 Pr. BELAGUID Abdelaziz
 Pr. BOUAITY Brahim*
 Pr. CHADLI Mariama*
 Pr. CHEMSI Mohamed*
 Pr. DAMI Abdellah*
 Pr. DARBI Abdellatif*
 Pr. DENDANE Mohammed Anouar
 Pr. EL HAFIDI Naima
 Pr. EL KHARRAS Abdennasser*
 Pr. EL MAZOUZ Samir
 Pr. EL SAYEGH Hachem
 Pr. ERRABIH Ikram
 Pr. LAMALMI Najat
 Pr. MOSADIK Ahlam
 Pr. MOUJAHID Moutassir*
 Pr. NAZIH Mouna*
 Pr. ZOUAIDIA Fouad

Mai 2012

Pr. AMRANI Abdelouahed
 Pr. ABOUELALAA Khalil*

Biochimie-chimie
 Dermatologie
 Chirurgie Générale
 Traumatologie orthopédique
 Hématologie biologique
 Chirurgie vasculaire périphérique
 Hématologie clinique
 Chirurgie Générale
 Microbiologie
 Médecine interne
 Gynécologie obstétrique
 Rhumatologie
 Gastro-entérologie
 Pédiatrie
 Pédiatrie
 Microbiologie **Directeur Hôpital My Ismail**
 Chimie Thérapeutique
 Chirurgie Cardio-vasculaire
 Pédiatrie
 Hématologie biologique
 Chirurgie Générale
 Radiologie
 Cardiologie
 Pneumo-phtisiologie



Anesthésie réanimation
 Médecine interne
 Physiologie
 ORL
 Microbiologie
 Médecine aéronautique
 Biochimie chimie
 Radiologie
 Chirurgie pédiatrique
 Pédiatrie
 Radiologie
 Chirurgie plastique et réparatrice
 Urologie
 Gastro entérologie
 Anatomie pathologique
 Anesthésie Réanimation
 Chirurgie générale
 Hématologie
 Anatomie pathologique

Chirurgie Pédiatrique
 Anesthésie Réanimation

Pr. BELAIZI Mohamed*
 Pr. BENCHEBBA Driss*
 Pr. DRISSI Mohamed*
 Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna
 Pr. EL KHATTABI Abdessadek*
 Pr. EL OUAZZANI Hanane*
 Pr. ER-RAJI Mounir
 Pr. JAHID Ahmed
 Pr. MEHSSANI Jamal*
 Pr. RAISSOUNI Maha*

Psychiatrie
 Traumatologie Orthopédique
 Anesthésie Réanimation
 Chirurgie Générale
 Médecine Interne
 Pneumophtisiologie
 Chirurgie Pédiatrique
 Anatomie pathologique
 Psychiatrie
 Cardiologie

Février 2013

Pr. AHID Samir
 Pr. AIT EL CADI Mina
 Pr. AMRANI HANCHI Laila
 Pr. AMOUR Mourad
 Pr. AWAB Almahdi
 Pr. BELAYACHI Jihane
 Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain
 Pr. BENCHEKROUN Laila
 Pr. BENKIRANE Souad
 Pr. BENNANA Ahmed*
 0.
 Pr. BENSGHIR Mustapha*
 Pr. BENYAHIA Mohammed*
 Pr. BOUATIA Mustapha
 Pr. BOUABID Ahmed Salim*
 Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba
 Pr. CHAIB Ali*
 Pr. DENDANE Tarek
 Pr. DINI Nouzha*
 Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali
 Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa
 Pr. ELFATEMI Nizare
 Pr. EL GUERROUJ Hasnae
 Pr. EL HARTI Jaouad
 Pr. EL JOUDI Rachid*
 Pr. EL KABABRI Maria
 Pr. EL KHANNOUSSI Basma
 Pr. EL KHLOUFI Samir
 Pr. EL KORAICHI Alae
 Pr. EN-NOUALI Hassane*
 Pr. ERRGUIG Laila
 Pr. FIKRI Meryim
 Pr. GHFIR Imade
 Pr. IMANE Zineb
 Pr. IRAQI Hind
 Pr. KABBAJ Hakima

Pharmacologie – Chimie
 Toxicologie
 Gastro-Entérologie
 Anesthésie Réanimation
 Anesthésie Réanimation
 Réanimation Médicale
 Anesthésie Réanimation
 Biochimie-Chimie
 Hématologie
 Informatique Pharmaceutique

Anesthésie Réanimation
 Néphrologie
 Chimie Analytique
 Traumatologie Orthopédie
 Anatomie
 Cardiologie
 Réanimation Médicale
 Pédiatrie
 Anesthésie Réanimation
 Radiologie
 Neuro-Chirurgie
 Médecine Nucléaire
 Chimie Thérapeutique
 Toxicologie
 Pédiatrie
 Anatomie Pathologie
 Anatomie
 Anesthésie Réanimation
 Radiologie
 Physiologie
 Radiologie
 Médecine Nucléaire
 Pédiatrie
 Endocrinologie et maladies métaboliques
 Microbiologie



Pr. KADIRI Mohamed*
 Pr. LATIB Rachida
 Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra
 Pr. MEDDAH Bouchra
 Pr. MELHAOUI Adyl
 Pr. MRABTI Hind
 Pr. NEJJARI Rachid
 Pr. OUBEJJA Houda
 Pr. OUKABLI Mohamed*
 Pr. RAHALI Younes
 Pr. RATBI Ilham
 Pr. RAHMANI Mounia
 Pr. REDA Karim*
 Pr. REGRAGUI Wafa
 Pr. RKAIN Hanan
 Pr. ROSTOM Samira
 Pr. ROUAS Lamiaa
 Pr. ROUIBAA Fedoua*
 Pr. SALIHOUN Mouna
 Pr. SAYAH Rochde
 Pr. SEDDIK Hassan*
 Pr. ZERHOUNI Hicham
 Pr. ZINE Ali*

Psychiatrie
 Radiologie
 Médecine Interne
 Pharmacologie
 Neuro-chirurgie
 Oncologie Médicale
 Pharmacognosie
 Chirurgie Pédiatrique
 Anatomie Pathologique
 Pharmacie Galénique
 Génétique
 Neurologie
 Ophtalmologie
 Neurologie
 Physiologie
 Rhumatologie
 Anatomie Pathologique
 Gastro-Entérologie
 Gastro-Entérologie
 Chirurgie Cardio-Vasculaire
 Gastro-Entérologie
 Chirurgie Pédiatrique
 Traumatologie Orthopédie

Avril 2013

Pr. EL KHATIB Mohamed Karim*
 Pr. GHOUNDALE Omar*
 Pr. ZYANI Mohammad*

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
 Urologie
 Médecine Interne

***Enseignants Militaires**



MARS 2014

ACHIR ABDELLAH
BENCHAKROUN MOHAMMED
BOUCHIKH MOHAMMED
EL KABBAJ DRISS
EL MACHTANI IDRISSE SAMIRA
HARDIZI HOUYAM
HASSANI AMALE
HERRAK LAILA
JANANE ABDELLA TIF
JEAIDI ANASS
KOUACH JAOUAD
LEMNOUER ABDELHAY
MAKRAM SANAA
OULAHYANE RACHID
RHISSASSI MOHAMED JMFAR
SABRY MOHAMED
SEKKACH YOUSSEF
TAZL MOUKBA. :LA.KLA.

Chirurgie Thoracique
Traumatologie- Orthopédie
Chirurgie Thoracique
Néphrologie
Biochimie-Chimie
Histologie- Embryologie-Cytogénétique
Pédiatrie
Pneumologie
Urologie
Hématologie Biologique
Génécologie-Obstétrique
Microbiologie
Pharmacologie
Chirurgie Pédiatrique
CCV
Cardiologie
Médecine Interne
Génécologie-Obstétrique

***Enseignants Militaires**

DECEMBRE 2014

ABILKACEM RACHID'
AIT BOUGHIMA FADILA
BEKKALI HICHAM
BENAZZOU SALMA
BOUABDELLAH MOUNYA
BOUCHRIK MOURAD
DERRAJI SOUFIANE
DOBLALI TAOUFIK
EL AYOUBI EL IDRISSE ALI
EL GHADBANE ABDEDAIM HATIM
EL MARJANY MOHAMMED
FEJJAL NAWFAL
JAHIDI MOHAMED
LAKHAL ZOUHAIR
OUDGHIRI NEZHA
Rami Mohamed
SABIR MARIA
SBAI IDRISSE KARIM

Pédiatrie
Médecine Légale
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Maxillo-Faciale
Biochimie-Chimie
Parasitologie
Pharmacie Clinique
Microbiologie
Anatomie
Anesthésie-Réanimation
Radiothérapie
Chirurgie Réparatrice et Plastique
O.R.L
Cardiologie
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Pédiatrique
Psychiatrie
Médecine préventive, santé publique et Hyg.

***Enseignants Militaires**



AOUT 2015

Meziane meryem
Tahri latifa

Dermatologie
Rhumatologie

JANVIER 2016

BENKABBOU AMINE
EL ASRI FOUAD
ERRAMI NOUREDDINE
NITASSI SOPHIA

Chirurgie Générale
Ophtalmologie
O.R.L
O.R.L

2- ENSEIGNANTS – CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

PROFESSEURS / PRs. HABILITES

Pr. ABOUDRAR Saadia
Pr. ALAMI OUHABI Naima
Pr. ALAOUI KATIM
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma
Pr. ANSAR M'hammed
Pr. BOUHOUCHE Ahmed
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz
Pr. BOURJOUANE Mohamed
Pr. CHAHED OUAZZANI Lalla Chadia
Pr. DAKKA Taoufiq
Pr. DRAOUI Mustapha
Pr. EL GUESSABI Lahcen
Pr. ETTAIB Abdelkader
Pr. FAOUZI Moulay El Abbes
Pr. HAMZAOUI Laila
Pr. HMAMOUCHE Mohamed
Pr. IBRAHIMI Azeddine
Pr. KHANFRI Jamal Eddine
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med
Pr. REDHA Ahlam
Pr. TOUATI Driss
Pr. ZAHIDI Ahmed
Pr. ZELLOU Amina

Physiologie
Biochimie – chimie
Pharmacologie
Histologie-Embryologie
Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Génétique Humaine
Applications Pharmaceutiques
Microbiologie
Biochimie – chimie
Physiologie
Chimie Analytique
Pharmacognosie
Zootechnie
Pharmacologie
Biophysique
Chimie Organique
Biologie moléculaire
Biologie
Chimie Organique
Chimie
Pharmacognosie
Pharmacologie
Chimie Organique

*Mise à jour le 14/12/2016 par le
Service des Ressources Humaines*





Dédicaces

A

Allah

Tout puissant

Qui m'a inspiré

Qui m'a guidé dans le bon chemin

Je vous dois ce que je suis devenu

Louanges et remerciements

Pour votre clémence et miséricorde

A mon cher papa Mohamed JENNANE

*Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense
amour que je porte pour vous, ni la profonde gratitude
que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous
n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être.*

*C'est à travers vos encouragements que j'ai opté pour cette noble
profession, et c'est à travers vos critiques que je me suis réalisée.*

*J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés
en moi et réalisé aujourd'hui l'un de vos rêves.*

*Que dieu tout puissant vous garde et vous procure santé,
bonheur et longue vie.*

A ma très chère maman Saadia HAFID

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes
pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source
de tendresse et l'exemple du dévouement
qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.
Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours
pour mener à bien mes études.*

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente
pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices
que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant
mon enfance et même à l'âge adulte.*

*Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que
ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

*Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond
amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver
et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

*A mes très chères sœurs Loubna et Naoual,
et à mon frère youssef*

*Quoique je dise, je ne saurais exprimer
l'amour et la tendresse que j'ai pour vous.*

*Je vous remercie, pour votre support et vos encouragements,
et je vous dédie ce travail, pour tous les moments de joie
et de bonheur qu'on a pu partager ensemble.*

*Puisse DIEU, le tout puissant, vous préserver du mal,
vous combler de santé et de bonheur.*

Je vous aime très fort...

A ma nièce Yasmine

*Nulle dédicace ne saurait exprimer l'amour,
et l'affection que j'ai pour toi.*

Que Dieu te protège.

A la mémoire de ma très chère grand-mère

*Il y a quelque chose de plus fort que la mort,
c'est la présence des absents, dans la mémoire des vivants.
Puisse ton âme reposer en paix, Que Dieu, le tout puissant,
te couvre de Sa Sainte miséricorde et t'accueille
dans son éternel paradis.*

A mes tantes, oncles, cousins et cousines

*Je vous remercie pour tous les moments de joie
et de fêtes que nous avons partagé, que dieu vous procure
santé et joie*

*A tous mes maîtres d'enseignement primaire,
secondaire et supérieur*

En témoignage de mon affection et respect

A tous les membres de ma famille, petits et grands :

*Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression
de mon affection.*

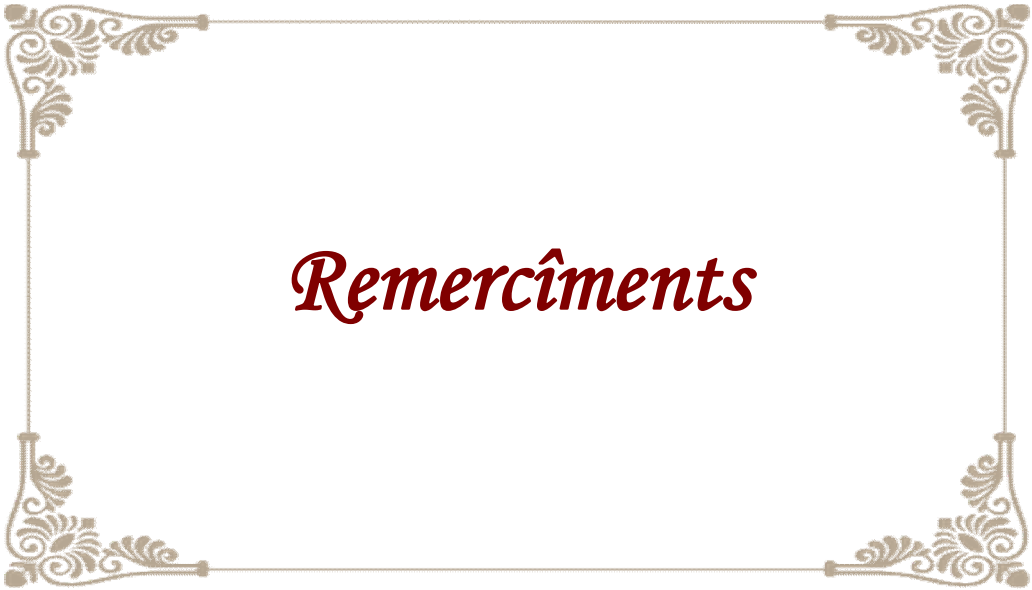
A mes amies:

*Safae HILAL, Soukaina HOUSNI, Lamiae EL HADDAD,
Najlaa SALMI, Asmaa JDAR, Najoua HNACH, Salma JEBLI,
Chaimae JIOUA, Nisrine HIKKI, Kawtar IMGHAREN...*

*Vous étiez plus que des amies, toujours présentes
pour me soutenir, m'écouter et me gâter,
vous m'avez beaucoup aidée, je vous
en serai toujours reconnaissante,
je vous dédie ce modeste travail.*

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin
à la réalisation de ce
travail, et que je n'ai pas cité*

*Sachez que vous n'en valez moins. On ne voit qu'avec le cœur,
l'essentiel est invisible pour les yeux.*



Remerciements

A notre maître et Président de thèse

Monsieur le Professeur Mohamed Hassan ALAMI

*Je vous remercie infiniment, cher maitre, pour l'honneur
que vous me faites en acceptant de juger et présider le jury
de cette thèse et pour le grand intérêt que vous avez porté
pour ce travail. L'amabilité et l'humilité dont
vous fait preuve en recevant cette thèse me marqueront à jamais.*

A notre maître et Rapporteur de thèse :

Professeur Abdelouahed AMRANI

*Vous avez bien voulu nous confier ce travail riche
d'intérêt et nous guider à chaque étape de sa réalisation.*

*Vous nous avez toujours réservé le meilleur accueil,
malgré vos obligations professionnelles.*

*Vos encouragements inlassables, votre amabilité,
votre gentillesse méritent toute admiration.*

*Nous saisissons cette occasion pour vous exprimer
notre profonde gratitude tout en vous témoignant notre respect.*

À notre maître et juge de thèse

Monsieur le professeur Mostapha BOUSSOUGA

Vous nous faites l'honneur d'accepter avec une très grande amabilité de siéger parmi notre jury de thèse.

Veillez accepter ce travail, en gage de notre grand respect et notre profonde reconnaissance.

A notre maître et juge de thèse
Mme le professeur Amina BARKAT

Vous nous avez honoré d'accepter avec grande
sympathie de siéger parmi notre jury de thèse.
Veillez trouver ici l'expression de notre grand respect
et nos vifs remerciements.

À notre maître et juge de thèse

Monsieur le professeur Mohammed Anouar DENDANE

*Je vous remercie de m'avoir fait l'honneur de faire partie
de ce jury, et pour l'intérêt que vous avez porté
à ce travail. Veuillez trouver dans ce modeste
travail, l'expression de ma grande estime et mon profond respect.*



Sommaire

INTRODUCTION	1
RAPPELS	4
I. RAPPELS ANATOMIQUES :.....	5
I.1 Anatomie du plexus brachial :	5
I.1.1 anatomie descriptive :	5
a. Situation :	5
b. Racines :	6
c. Troncs primaires :	10
d. Troncs secondaires :	11
e. Branches collatérales :	12
f. Branches terminales :	14
g. anastomoses du plexus brachial :	15
I.1.2 anatomie fonctionnelle :	15
II. ANATOMIE MICROSCOPIQUE DU NERF PERIPHERIQUE :	18
II.1 Fibre nerveuse:	19
II.2 Fascicules et groupes de fascicules :	20
II.3 Topographie intraneurale :	23
III. ANATOMOPATHOLOGIE DES LÉSIONS NERVEUSES :	25
III.1 Classifications des lésions nerveuses peripheriques :	27
III.1.1 Classification de Seddon : Seddon, a distingué trois types de lésions (Tableau 5) :	27
III.1.2 Classification de Sunderland :	28
III.1.3 Classification visuelle per-opératoire d'une racine donnée repose sur les critères suivants [31]:.....	29
III.2 Anatomopathologie en fonction de la présentation :	30
III.2.1 Naissance par présentation céphalique.....	30
III.2.2 Naissance par présentation siège	32
IV. PHYSIOPATHOLOGIE DES LÉSIONS NERVEUSES :	34
IV.1 Conséquences de la lésion axonale :	34
IV.2 modifications de l'extrémité distale :	35
V. DIAGNOSTIC :	42
VI. HISTOIRE NATURELLE :	53

Matériels et méthodes	54
I. MATERIELS:	55
II. METHODES :	55
II.1 Sujets de l'échantillon :	55
II.1.1 critères d'inclusion :	55
II.2 Données recueillies et mode de recueil :	56
III. TECHNIQUE:	57
III.1 Voie d'abord :	57
III.2 Greffe nerveuse :	60
III.3 Neurotisation :	62
III.4 Suture :	65
III.4.1 fil :	66
III.4.2 Colle biologique:	66
I. PRESENTATION DE LA SERIE :	69
I.1 Données épidémiologiques:	69
I.1.1 Age de diagnostic :	69
I.1.2 Sexe du patient :	70
I.2 Données obstetricales :	70
I. 3 Cote atteint :	71
I.4 Type des lésions neurologiques :	72
I.5 Prise en charge chirurgicale :	73
I.5.1 Age de l'intervention :	73
I.5.2 abord chirurgical:	74
I.5.3 L'exploration chirurgicale du plexus brachial:	75
a. corrélation entre forme clinique et exploration :	75
c. corrélation entre exploration et technique chirurgicale :	77

I.6 Chirurgie nerveuse :	79
I.6.1 Greffe nerveuse :	79
I.6.2 Neurotisation :	80
I.7 Recul:	81
I.8 Résultats Fonctionnels :	81
I.8.1 analyse par forme clinique :	81
a. C5-C6 :	81
a.1 épaule :	81
a.2 Flexion du coude :	81
a.3 avant bras :	81
b. C5-C7 :	81
b.1 épaule :	81
b.2 coude :	82
b.3 avant bras :	82
b.4 extension du poignet :	82
b.5 extension des doigts :	82
c. C5-T1 :	82
c.1 épaule :	82
c.2 coude :	83
c.3 avant bras :	83
c.4 poignet :	83
c.5 main :	83
DISCUSSION	88
I. DONNEES DEMOGRAPHIQUES :	89
I.1 Age de diagnostic:	89
I.2 Sexe :	89
II. DONNEES OBSTETRIQUES :	90
III. PROFIL CLINIQUE :	91
III.1 Cote atteint :	91
III.2 Forme de l'atteinte :	91
IV. EXAMENS COMPLEMENTAIRES:	92
V. TRAITEMENT CHIRURGICAL NERVEUX :	95

V.1 Age d'intervention:	95
V.2 Abord chirurgical :	96
V.3 Chirurgie nerveuse :	97
V3.1 Indication de la chirurgie nerveuse :	97
V3.2 Greffe nerveuse :	100
a. Greffe nerveuse synthétique :	100
b. Sources de la greffe nerveuse :	104
V3.3 Neurotisation :	105
V3.4 Transferts nerveux:	106
a. Principes du transfert nerveux :	107
b. anastomoses nerveuses :	109
V3.4 Stratégie de reconstruction :	112
V3.5 chirurgie nerveuse tardive :	116
V3.6 chirurgie nerveuse après accouchement par présentation de siège :	118
V3.7 Suites opératoires :	118
V.4 Place de la chirurgie nerveuse :	119
V.5 Résultats fonctionnels :	121
VI. LIMITES DE L'ETUDE:	123
VII. PLACE DE LA REEDUCATION:	123
VIII INTERVENTIONS NON CHIRURGICALES :	125
IX. CHIRURGIE DES SEQUELLES :	125
X. PREVENTION :	126
CONCLUSION	127
RESUMES	129
ANNEXES	138
BIBLIOGRAPHIE	143



Abréviations

LISTE DES ABREVIATIONS :

- **POPB** : paralysie obstétricale du plexus brachial.
- **C5** : 5^{ème} racine cervicale.
- **C6** : 6^{ème} racine cervicale.
- **C7** : 7^{ème} racine cervicale.
- **C8** : 8^{ème} racine cervicale.
- **T1** : 1^{ère} racine thoracique.
- **RE** : rotation externe.
- **IP** : identifiant personnel.
- **CHU** : centre hospitalier universitaire.
- **CHP** : centre hospitalier provincial.
- **PC** : périmètre crânien.
- **MS** : membre supérieur.
- **EMG** : électromyographie.
- **IRM** : imagerie par résonance magnétique.
- **N.I.C** : nerfs intercostaux.
- **BTX-A** : neurotoxine botulique A.



Introduction

La paralysie obstétricale du plexus brachial est une lésion nerveuse traumatique du membre supérieur d'origine obstétricale, Son nom lui a été donné par Duchenne de Boulogne [1].elle est due à une traction ou une élongation plexique par abaissement exagéré du moignon de l'épaule au cours de l'accouchement dont les conséquences fonctionnelles varient selon les forces exercées, l'anatomopathologie de la lésion et le nombre de racines concernées.

La paralysie obstétricale reste relativement fréquente dans les pays développés malgré les progrès de l'obstétrique (1,5/1000 en Californie), elle peut être complète, associée à un signe de Claude-Bernard-Horner. C'est l'absence de récupération du biceps pour les paralysies hautes entre trois et six mois et la main pour les paralysies totales qui indique la réparation chirurgicale.

Selon Gilbert [2], les résultats de ces interventions, basés sur une expérience de 1026 cas opérés en 30 ans, confirment l'intérêt de ce diagnostic et de la prise en charge précoce.

La chirurgie du plexus brachial comme celle du nerf périphérique est longtemps restée mystérieuse et a fait l'objet de nombreuses recherches depuis les constatations de Galien sur les douleurs induites par les manipulations des nerfs jusqu'aux premières sutures radiculaires de Tornburn en 1898 [3,4]. A partir de 1947 la création d'une école de chirurgie du nerf périphérique, avec Seddon [5,6], va conduire à des développements importants, mais ce n'est qu'en 1972 que naît véritablement la chirurgie moderne du plexus brachial avec l'apparition du microscope opératoire et le développement de nombreux pôles d'excellences en Europe (Lausanne, Vienne, Londres, Paris, Montpellier), au Japon et aux USA (Université de Lousiane, Mayo-clinic).

La réparation chirurgicale du plexus brachial a permis de faire largement progresser le traitement de ces lésions et d'obtenir des résultats bien meilleurs que ceux de l'évolution spontanée.

Dans ce travail, nous développerons les différentes techniques chirurgicales adaptées aux lésions plexiques et à l'évolution de la paralysie. Ce travail a pour objectif l'apport de l'expérience du service en matière d'enjeux, modalités et résultats de la prise en charge chirurgicale nerveuse de la paralysie obstétricale du plexus brachial.



Rappels

I. RAPPELS ANATOMIQUES :

I.1 Anatomie du plexus brachial :

I.1.1 anatomie descriptive :

a. Situation :

Le plexus brachial prend naissance dans la région profonde du cou, les racines le constituant sont situées chacune dans la gouttière transversaire qui se trouve à la face supérieure de l'apophyse transverse de la vertèbre cervicale correspondante. Le plexus brachial se situe ensuite entre les muscles scalènes antérieur et moyen, puis il traverse l'espace clavi-coraco-costal pour apparaître dans le creux axillaire.

Le plexus a la forme d'un triangle, la base de ce triangle répond à la portion de la colonne vertébrale située entre la quatrième vertèbre cervicale et la première dorsale, son sommet est situé au niveau du creux axillaire.

Les troncs primaires sont obliques en dehors et en bas et convergent sous la clavicule vers le sommet du creux axillaire, les troncs secondaires ont un trajet presque vertical. [7]

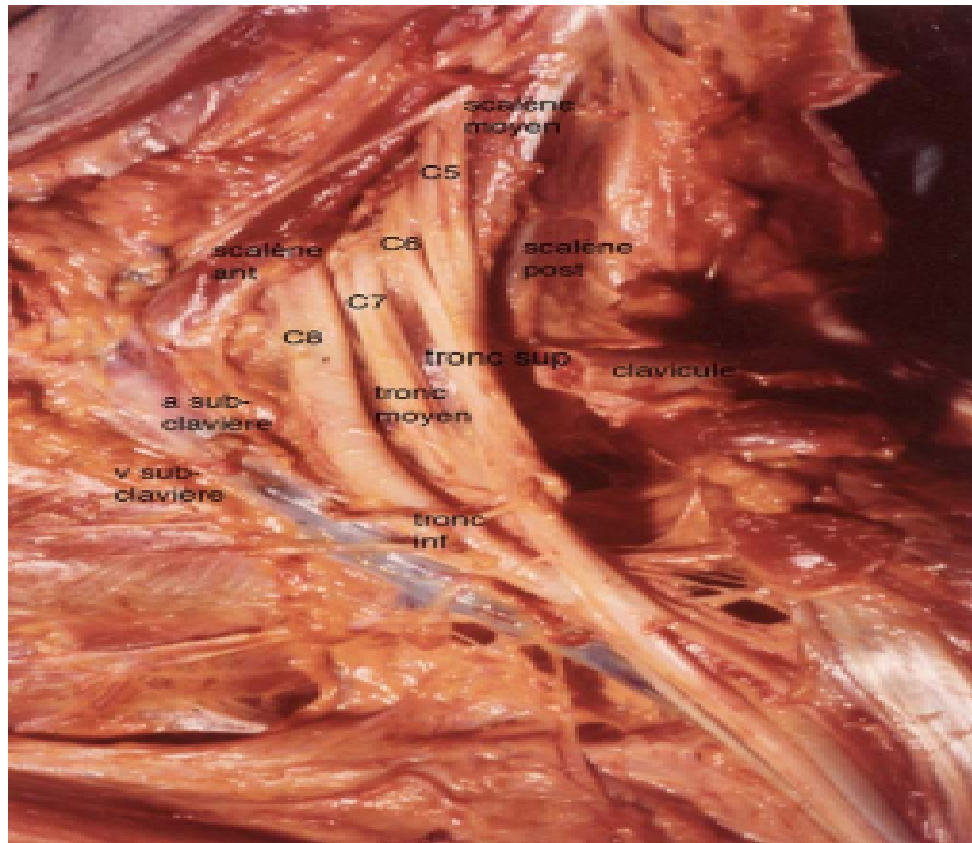
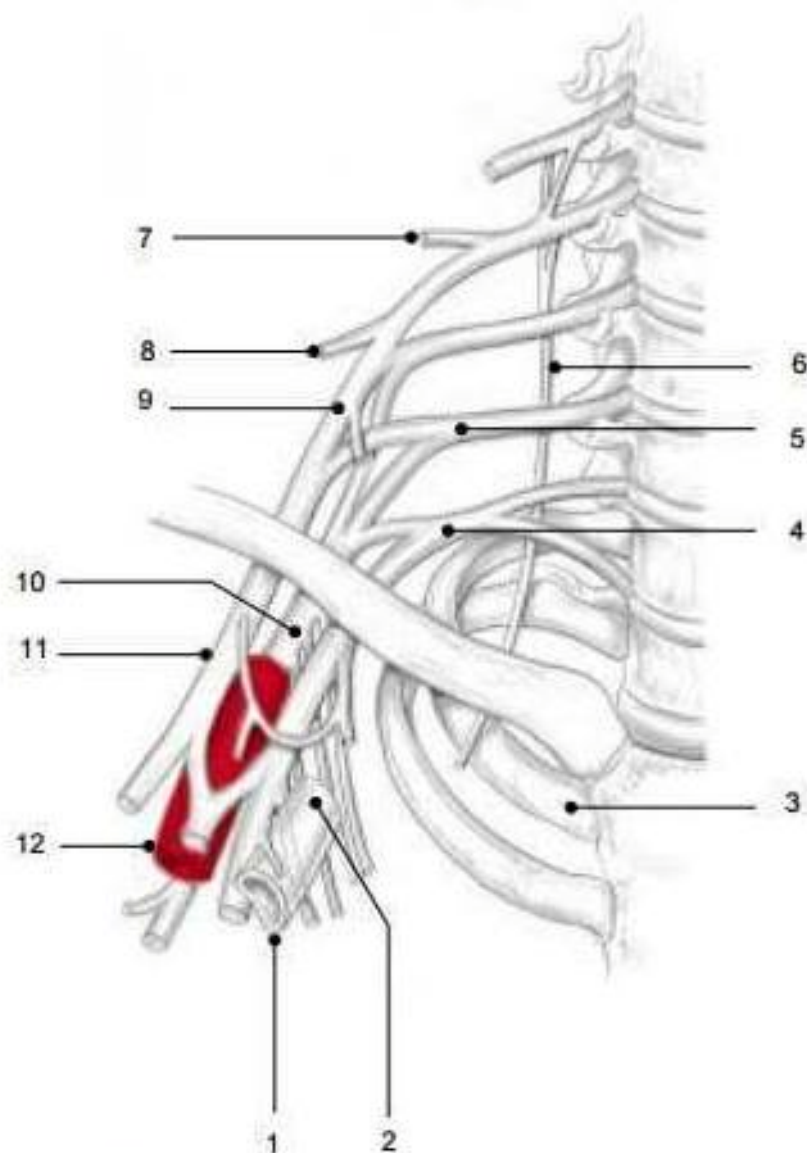


Figure 1 : Plexus brachial in situ et ses rapports vasculaires [8].

b. Racines :

Le plexus brachial est formé par la réunion des branches antérieures des cinquième, sixième, septième, et huitième nerfs cervicaux et par la branche ventrale du premier nerf thoracique.

Le plexus brachial correspond à la réunion des branches antérieures des quatre derniers nerfs cervicaux (C5, C6, C7, C8) et du premier nerf thoracique (T1). Il s'étend de C5 à T1 mais il reçoit parfois une branche de C4 réalisant alors à l'extrême un plexus dit préfixé, ou postfixé lorsqu'il reçoit exceptionnellement une branche de T2 [9].



2 Anatomie du plexus brachial. 1 : veine axillaire ; 2 : artère axillaire ; 3 : première côte ; 4 : T1 ; 5 : tronc primaire inférieur ; 6 : C8 ; 7 : C7 ; 8 : tronc primaire supérieur ; 9 : C6 ; 10 : nerf phrénique ; 11 : C5 ; 12 : C6 ; 13 : nerf du grand dentelé (Charles Bell) ; 14 : nerf sus-scapulaire ; 15 : tronc secondaire antéroexterne ; 16 : tronc secondaire postérieur ; 17 : tronc secondaire antéroexterne.

Figure 2 : Anatomie du plexus brachial [10].

Les racines adoptent, dans leur ensemble, des directions d'autant plus descendantes et antérieurs qu'il s'agit de racines hautes (C5, C6, C7), d'autant plus horizontales et postérieurs qu'il s'agit de racines basses (C8 et T1). D'après les travaux de Bonnel [11] l'émergence d'une racine se fait avec un angle variable, 122° pour C5 et 146° pour T1. Les racines C5 et C6 sont amarrées peu après leur naissance par le ligament postéro-supérieur. Leur insertion proximale est sur l'apophyse transverse de la vertèbre supérieure et la distale sur l'épinèvre de la racine. Ce système d'amarrage est un mécanisme de protection des deux racines : lors du traumatisme il est exceptionnel qu'elles soient arrachées. Ce système ligamentaire fait entièrement défaut pour C8 et T1, ce qui explique, associé à leur direction, la fréquence des arrachements intra-médullaires à ces deux étages. La richesse du tissu conjonctif des éléments nerveux du plexus est variable, il est plus riche dans sa partie distale ; les racines pauvres en tissu conjonctif ayant un rôle protecteur lors des traumatismes, sont ainsi plus vulnérables que les troncs et les nerfs issus du plexus.

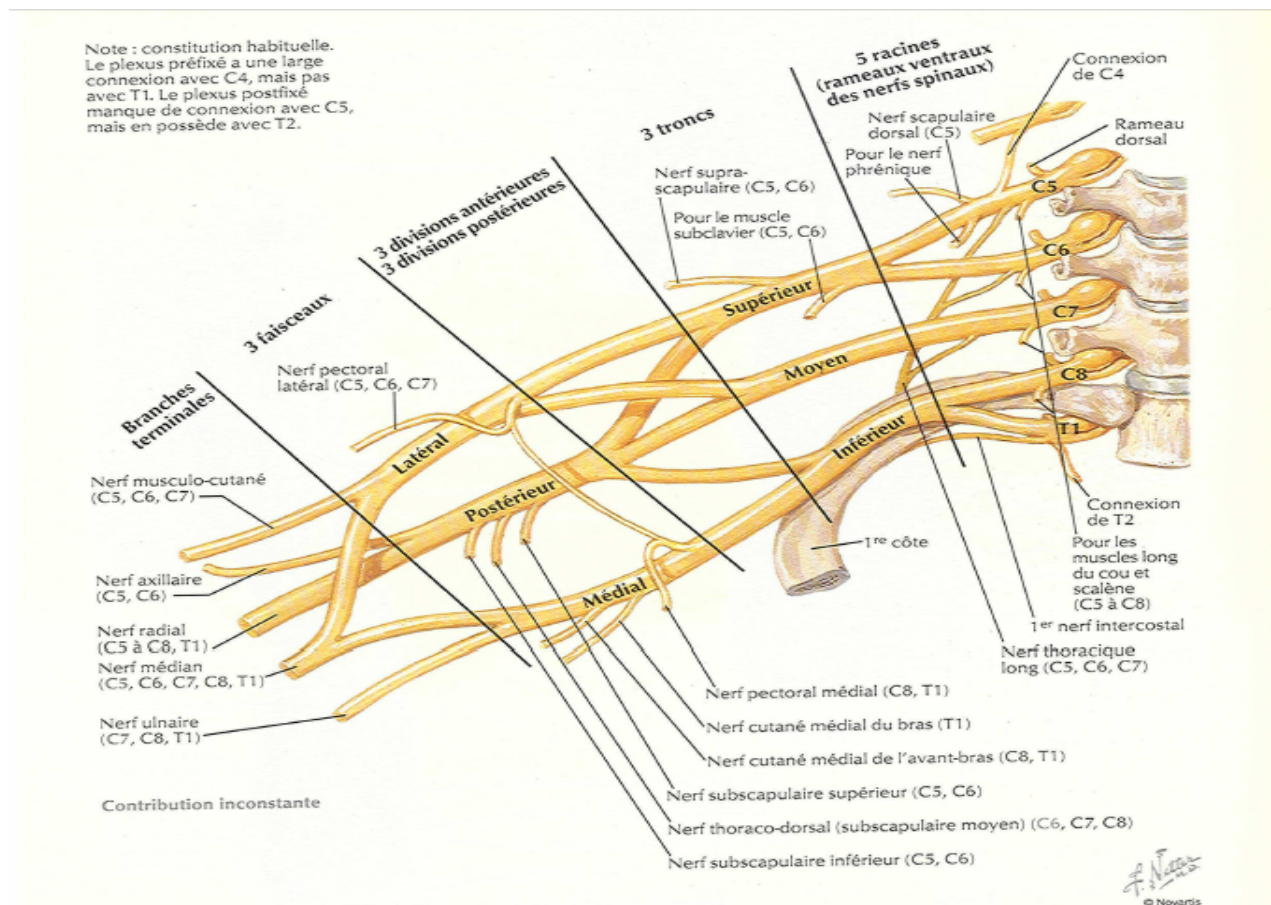


Figure 3 : Vue antérieure montrant les racines d'origine, les branches terminales et collatérales du plexus brachial [12].

c. Troncs primaires :

Le mode d'union des troncs nerveux est réalisé de la façon suivante [7] :

- Tronc primaire supérieure : secondaire au fusionnement à angle aigu de la cinquième branche antérieure cervicale avec la Sixième branche antérieure cervicale.
- Tronc primaire moyen : situé au dessous du tronc primaire supérieur, représenté par la septième branche antérieure.
- Tronc primaire inférieur : formé par l'anastomose de la branche antérieure du huitième nerf cervical avec la branche antérieure du premier nerf dorsal.

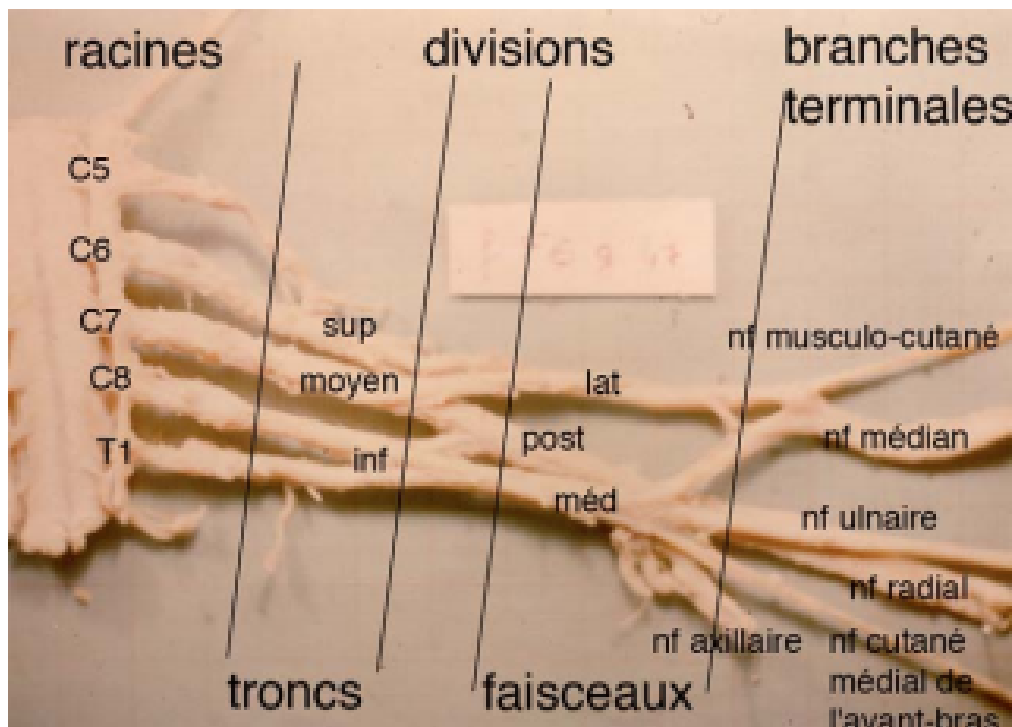


Figure 4 : Plexus brachial classique [8].

d. Troncs secondaires :

Chaque tronc primaire se divise en une branche antérieure et une postérieure.

- Le tronc secondaire postérieur : les trois branches postérieures des troncs primaires s'unissent pour former le tronc secondaire postérieur. Ce tronc serait incomplet le plus souvent et ne serait présent que dans un tiers des cas selon Bonnel [11].
- Le tronc secondaire antéro-latéral : est formé par les branches antérieures des premier et deuxième troncs primaires.
- Le tronc secondaire antéro-médial : est formé par la branche antérieure du troisième tronc primaire.

Cependant cette disposition schématique est très variable, et ces deux derniers troncs peuvent s'organiser en trois types selon la division de C7 [11,13] :

Type A (66 %) : les troncs primaires supérieur et moyen s'unissent pour former le tronc secondaire antérolatéral, le tronc primaire inférieur se prolonge par le tronc secondaire antéro-médial.

Type B (24 %) : le tronc primaire supérieur se jette isolément dans le tronc antérolatéral, les troncs primaires moyen et inférieur forment le tronc antéro-médial.

Type C (10 %) : le tronc primaire moyen se divise en deux branches et participe à la formation des troncs antérolatéral et antéro-médial.

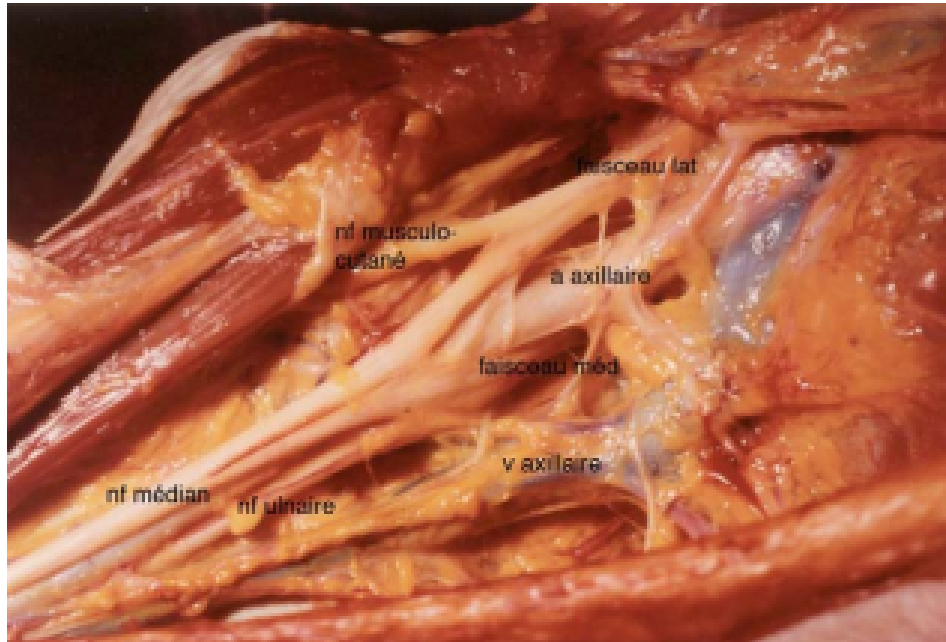


Figure 5 : Plexus brachial in situ. Les rapports des troncs secondaires [8].

e. Branches collatérales :

Le plexus brachial donne trois sortes de branches collatérales [7] :

- 1- Les branches radiculaires : fournies par les troncs radiculaires et destinées aux muscles inter-transversaires antérieurs du cou et aux trois muscles scalènes ;
- 2- Les branches antérieures : destinées aux muscles antérieurs de la ceinture scapulaire ; elles naissent de la face antérieure du plexus et proviennent soit des troncs secondaires antéro-latéral et antéro-médial, soit des branches antérieures des troncs primaires ;
- 3- Les branches postérieures : destinées aux muscles postérieurs de la ceinture scapulaire, elles prennent naissance à la face postérieure du plexus, soit au niveau du tronc secondaire postérieur, soit au niveau des branches postérieures des troncs primaires.

1- Les branches collatérales radiculaires, elles fournissent :

- a- Les nerfs des muscles intertransversaires antérieurs du cou.
- b- Les nerfs des muscles scalènes.

2- Les branches collatérales antérieures, elles donnent :

- a- Le nerf du muscle sous clavier.
- b- Le nerf supérieur du muscle grand pectoral.
- c- Le nerf inférieur du muscle grand pectoral.
- d- Le nerf du muscle petit pectoral.

3- Les branches collatérales postérieures :

- a- Le nerf sus scapulaire.
- b- Le nerf des muscles angulaire et Rhomboïde.
- c- Le nerf du muscle grand dentelé.
- d- Le nerf supérieur du muscle sous scapulaire.
- e- Le nerf inférieur du muscle sous scapulaire.
- f- Le nerf du muscle grand rond.
- g- Le nerf du muscle grand dorsal.

f. Branches terminales :

- Le tronc secondaire postérieur donne naissance au :
 - Nerf circonflexe qui innervent les muscles deltoïde et petit rond.
 - Nerf radial innervant les muscles de la loge postérieure du bras et de l'avant-bras : Triceps brachial, brachio-radial, court et long extenseurs du carpe, extenseur commun des doigts, extenseur propre du 5^{ème} doigt, long abducteur du pouce, court et long extenseurs du pouce, extenseur ulnaire du carpe.
- Le tronc secondaire antéro-latéral donne naissance au :
 - Nerf musculo-cutané innervant les muscles : biceps brachial, coraco-brachial, brachial antérieur.
 - La racine latérale du nerf médian innervant les muscles des loges antérieures du bras et de l'avant-bras.

Rarement, le nerf médian et le nerf musculo-cutané ont fusionné pour donner un nerf unique [14].

- Le tronc secondaire antéro-médial donne naissance au :
 - Nerf brachial cutané interne
 - Nerf accessoire du nerf brachial cutané interne
 - Nerf cubital
 - La racine interne du nerf médian qui s'unit à la racine externe innervant les muscles de loge antérieure de l'avant-bras.

Il peut parfois exister une fusion de la racine interne du médian avec le tronc secondaire antéro-latéral. Enfin, les racines externe et interne peuvent être séparées jusqu'au niveau du coude.

g. anastomoses du plexus brachial :

Le plexus brachial s'anastomose avec :

1- Le plexus cervical, et ceci à deux niveaux :

- Par l'intermédiaire de la branche antérieure du quatrième nerf cervical qui forme avec la cinquième branche l'anastomose cervico-brachiale.
- Par la racine accessoire du nerf phrénique provenant du cinquième nerf cervical.

2- Les nerfs dorsaux par l'intermédiaire de la branche antérieure du premier nerf dorsal.

3- Le sympathique cervical par les rameaux communicants.

I.1.2 anatomie fonctionnelle :

Les paralysies obstétricales du plexus brachial touchent plusieurs racines et dégradent plusieurs fonctions à des degrés divers. Une fonction a d'autant plus de chances d'être préservée qu'elle dépend du plus grand nombre de racines. Cette fonction a également plus de probabilité d'être épargnée qu'elle dépend des racines les plus basses (tableau 1).

L'abduction de l'épaule (C5-C6) est atteinte précocement, alors que l'adduction, largement innervée de (C5 à T1), persiste jusqu'à ce que toutes les racines soient lésées.

La rotation interne de l'épaule est bien protégée en raison de sa large innervation (C5-T1). En revanche, *la rotation externe*, dépendant des seules racines hautes (C5-C6), disparaît même dans les atteintes les moins étendues.

La flexion active du coude disparaît très tôt car, sous la dépendance unique de (C5-C6), alors que l'extension du coude (C6-C8) n'est déficitaire que dans les atteintes plus étendues.

L'extension du poignet (C5-C7) disparaît avant la flexion (C6-C8). Une extension puissante du poignet est pourtant essentielle pour un serrage efficace avec les doigts, souvent préservé.

L'inclinaison radiale (C5-C7) est atteinte avant l'inclinaison cubitale (C7-C8).

La main est atteinte dans les paralysies étendues jusqu'à (D1), exceptionnellement de façon isolée. *L'extension des doigts* assurée par (C7-C8) est synchrone de la flexion du poignet. *La flexion des doigts* dépend de (C7-C8-T1). La musculature intrinsèque de la main qui assure l'opposition du pouce, son abduction, le rapprochement et l'écartement des doigts, est innervée classiquement par (C8 et T1), voire (T1) seule.

Tableau 1 : Correspondance statistique des myotomes selon Bonnel [10].

Muscle	Racine
Ceinture scapulaire	
Trapèze	C3-C4
Rhomboïdes	C4-C5
Grand dentelé	C5-C6-C7
Grand dorsal	C6-C7-C8
Grand pectoral	C5-C6-C7-C8-D1
Petit pectoral	C7-C8-D1
Deltoïde	C5-C6
Grand rond	C5-C6
Sus-épineux	C4-C5-C6
Sous-épineux, petit rond	C5-C6
Sous-scapulaire	C5-C6
Coude	
Biceps	C5-C6
Brachial antérieur	C5-C6
Triceps	C6-C7-C8
Long supinateur	C7-C8
Court supinateur	C5-C6-C7
Pronateurs	C6-C7
Poignet	
Grand palmaire	C6-C7
Petit palmaire	C7-C8
Cubital antérieur	C8-D1
Premier radial	C6-C7
Deuxième radial	C6-C7
Cubital postérieur	C7-C8-D1
Main	
Long abducteur du I	C6-C7-C8
Court extenseur du I	C7-C8
Long extenseur du I	C6-C7-C8
Long fléchisseur du I	C7-C8-D1
Court abducteur du I	D1
Opposant	C7-C8-D1
Court fléchisseur du I	C8-D1
Adducteur du I	D1
Fléchisseur court superficiel	C7-C8-D1
Extenseurs	C6-C7-C8
Interosseux dorsaux	C8-D1
Interosseux palmaires	C8-D1
Lombrireaux	C8-D1
Adducteur du V	C7-C8-D1
Opposant du V	C7-C8-D1
Court fléchisseur du V	C7-C8-D1

II. ANATOMIE MICROSCOPIQUE DU NERF PERIPHERIQUE :

Les nerfs périphériques se composent de structures nerveuses conductrices et d'un appareil mésenchymateux de soutien et de protection. Ils sont la partie visible du système nerveux périphérique, interface entre le système nerveux central et le milieu extérieur. Chaque nerf est constitué de fibres nerveuses groupées en fascicules. Chaque fascicule est entouré par le périnèvre. A l'intérieur de chaque fascicule, entre les fibres nerveuses se trouve l'endonèvre. L'épinèvre réunit l'ensemble des fascicules du nerf.

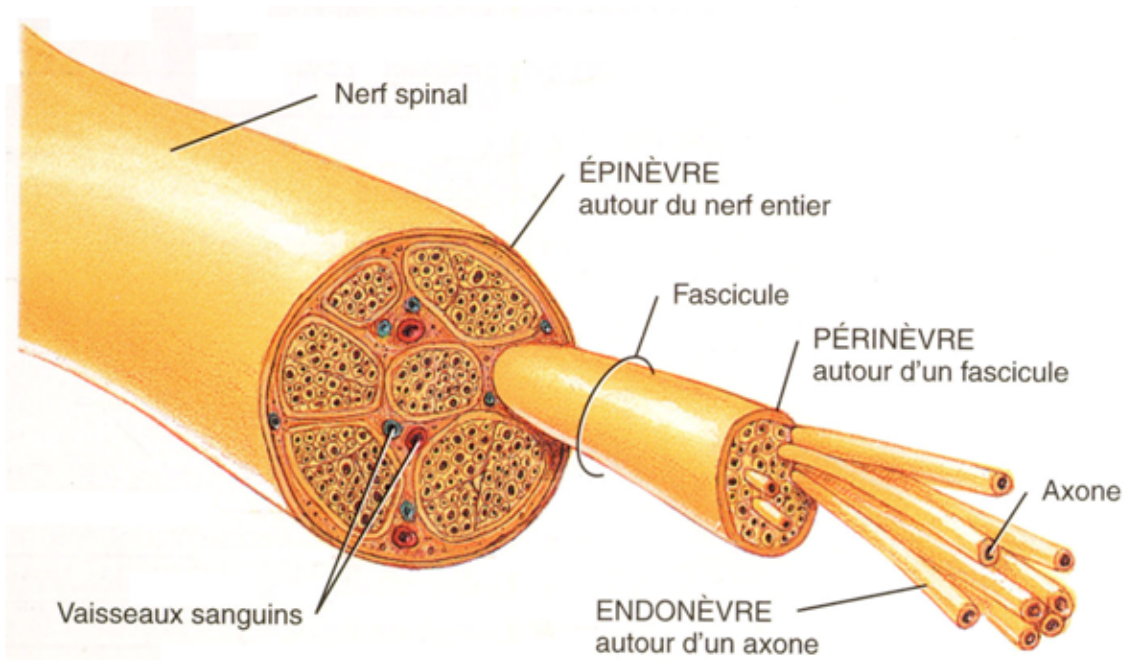


Figure 6 : Agencement et gaines de tissus conjonctifs d'un nerf spinal
(Tortora et Grabowski, 2001) [15].

II.1 Fibre nerveuse:

C'est l'unité élémentaire du nerf périphérique. Une fibre nerveuse est un prolongement, axone ou dendrite, dont le corps cellulaire est situé dans la moelle ou dans les ganglions crânio-rachidiens. Elle est toujours entourée d'une cellule satellite dite de Schwann ; certaines possèdent une gaine de myéline. Plusieurs fibres amyéliniques, fibres de Remak, sont comprises dans les invaginations d'une cellule de Schwann. A l'inverse une seule fibre myélinique est engainée par cellule de Schwann (figure 7). Une fibre myélinisée présente alors une chaîne régulière de cellules de Schwann dont les portions non engainées sont nommées nœud de Ranvier ; ceux-ci permettent une conduction saltatoire de l'influx nerveux. La multiplication et la différenciation des cellules de Schwann sont contrôlées par l'axone. Elles interviennent dans le guidage de la croissance axonale, dans la myélinisation, et dans la dégénérescence et la repousse axonale.

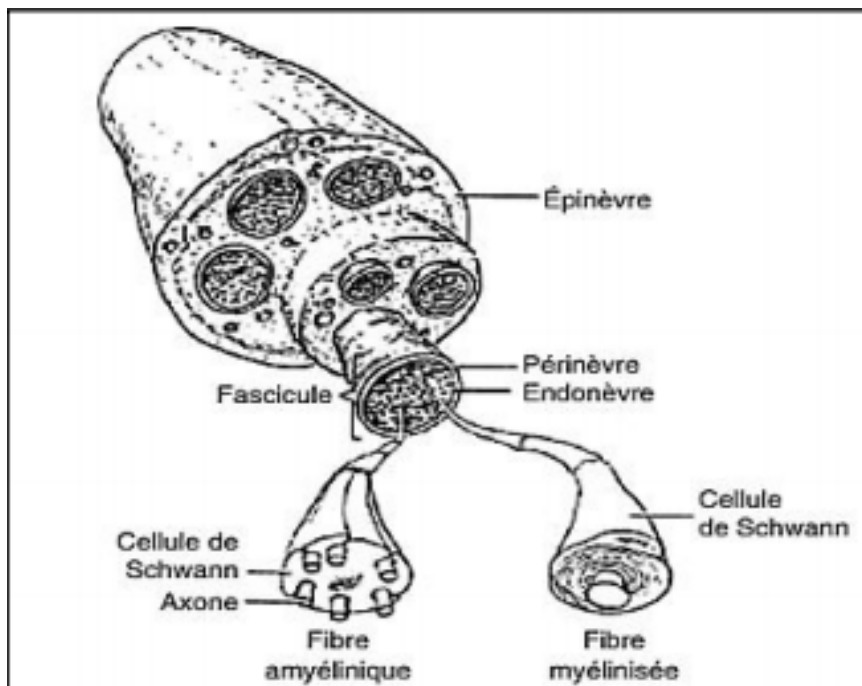


Figure 7 : Architecture du nerf périphérique [16].

II.2 Fascicules et groupes de fascicules :

Narakas, puis Bonnel ont étudié la structure fasciculaire du plexus brachial [17], et réussi à retrouver «une certaine» organisation des fascicules au sein des racines, troncs et faisceaux (figure 8). Cette «carte» fasciculaire doit être gardée en mémoire lors de la chirurgie, afin d'orienter les greffes intraplexuelles le plus conformément possible à cette disposition, en suturant le greffon dans le cadran nerveux adapté à l'objectif principal.

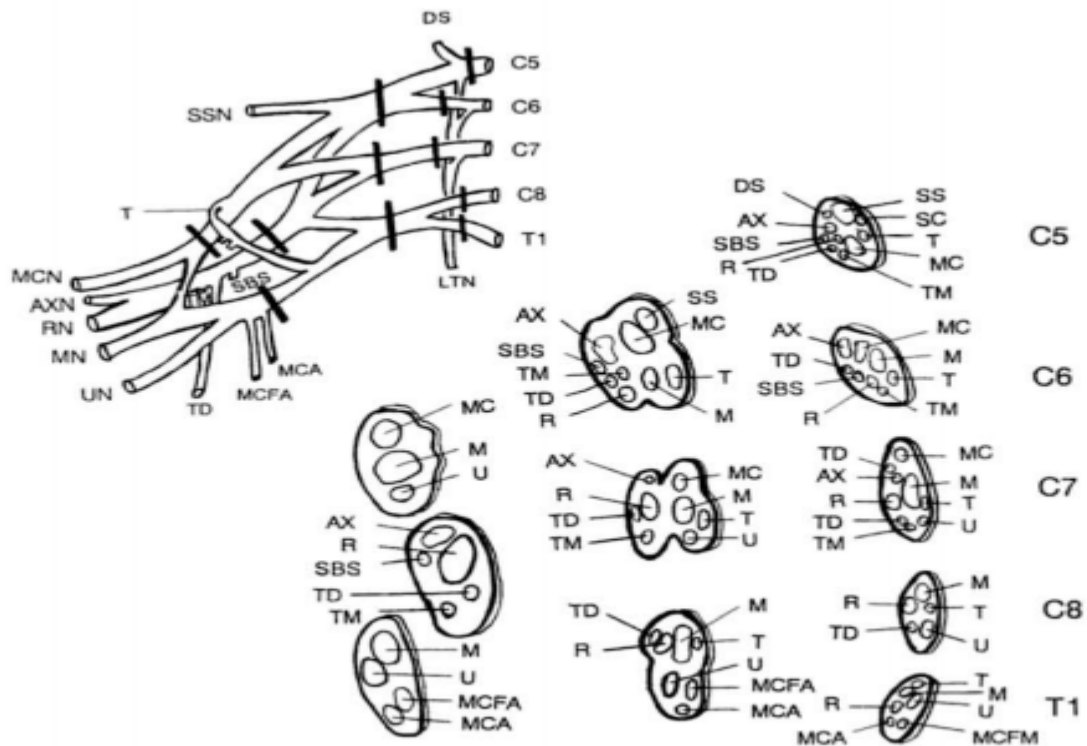


Figure 8 : cartographie fasciculaire du plexus brachial, selon Narakas [17].

Le nombre de fascicules augmente le long du plexus brachial (de 2 à 7 selon les racines, approximativement 10 pour les troncs, approximativement 15 pour les faisceaux) et leur calibre diminue (50% des fascicules mesurent plus de 1 mm dans les racines, alors que l'on ne retrouve que 20% de gros fascicules dans les faisceaux). Les racines supérieures ont un trajet en «Z» lors de leur passage des espaces sous-arachnoïdiens vers le défilé interscalénique. Ils ont un trajet descendant (de 10° pour C8 à 48° pour C5, alors que T1 est ascendant de 5°) dans les citernes sous-arachnoïdiennes, puis s'horizontalisent sur le processus transverse, puis replongent verticalement entre les scalènes. Leur point d'ancrage le plus solide est au foramen intervertébral où la dure-mère adhère au périoste et contribue à la formation de l'épinèvre. Les racines supérieures sont assurées par un ligament supplémentaire: le ligament en semi-cône postéro-supérieur décrit par Herzberg [18] (figure 9). Il est très résistant en C5 reliant le bord inférieur de la transverse de C4 à la racine au delà de l'émergence de la branche destinée au nerf thoracique long. Ce ligament existe aussi (mais moins solide) en C6 et C7.

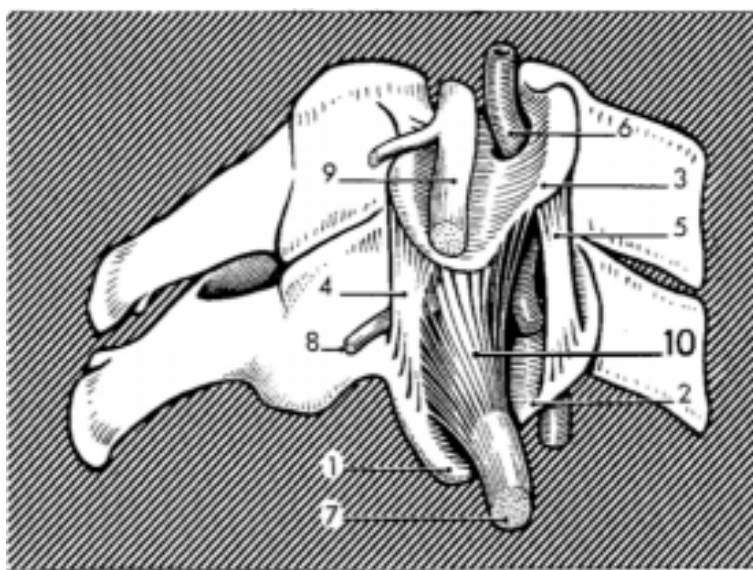


Figure 9 : ligament en semi-cône postéro-supérieur (n°10)
de l'espace inter-transversaire de C5 et C6 [18].

Le nombre de fibres myélinisées a été étudié par Bonnel sur plus de 100 dissections [19]. Le (tableau 2) présente les résultats de ses analyses. Celui-ci est important à connaître pour le chirurgien du plexus brachial, car les neurotisations tiennent compte du nombre de fibres des donneurs (tableau 3) pour les ajuster sur celui du receveur. On rappelle qu'il suffirait de 30% des fibres myélinisées d'un nerf atteignant leur cible pour obtenir une contraction normale ([20]).

nerf cible	Nombre de fibres myélinisées (moyenne)	nerf donneur	Nombre de fibres myélinisées
plexus brachial (n=21)	118.047 (85.566 - 166.214)	C7	23.781 (16.000-40.000)
C5	16.472	hypoglosse	5000-6000
C6	27.421	phrénique	1756
C7	23.781	Inter-costal**	500-700
C8	30.626	XI	1500-1700
T1	19.747	ulnaire partiel	1600
nerfs destinés à l'épaule	31.979	thoracique long	1600-1800
suprascapulaire*	1603*	cervical profond	893
musculo-cutané	5.023 (3.465 - 9.350)	rameau pectoral	400-600
médian	15.915 (7.457 - 27.190)		
ulnaire	14.161 (10.365 - 22.690)		
radial	15.964 (10.029 - 32.210)		
axillaire	6.547 (2.073 - 12.711)		

* d'après Pruksakorn

** d'après Narakas, Landi

Tableau 2 : nombre de fibres myélinisées selon la racine ou le nerf terminal (d'après Bonnel [19] et Pruksakorn [21]).

Tableau 3 : nombre de fibres myélinisées selon les donneurs potentiels (d'après Chuang [22]).

II.3 Topographie intraneurale :

Il existe de nombreuses variations dans le plexus brachial (seulement 46,5% des cas correspondent à la variété habituelle [23]). Dans la forme habituelle, sans décrire la totalité des territoires, on peut retenir quelques notions clé à garder en mémoire pour pouvoir s'adapter au moment de la chirurgie. Certains troncs ont typiquement un aspect monofasciculaire (les racines, les divisions du tronc supérieur, et l'origine des nerfs suprascapulaire et musculo-cutané). la distance moyenne d'un fascicule avant fusion ou division est de 5 mm. Le tronc supérieur fournit 50% du faisceau supérieur. Il convient de préciser le concept de pré-ou de post-fixation du plexus, car sa reconnaissance influe beaucoup sur la stratégie de reconstruction. La préfixation est schématiquement la participation de C4 dans le plexus brachial, et la faible participation de T1. Sa fréquence est mal connue car il existe de grandes variations selon les auteurs (28% selon Jachimowicz [24], 35% pour Sénécaïl [25], 41% selon Bonnel [19], 62% pour Kerr [26]). Slingluff, Terzis et Edgerton [27] ont retrouvé suffisamment de constance dans la préfixation pour en définir des critères précis (Tableau 4):

Tableau 4 : critères de préfixation, selon Slingluff, Terzis et Edgerton [28].

racines spinales	C5 fournit plus de 15% du plexus T1 fournit moins de 13% du plexus
troncs	le tronc supérieur est plus large que le tronc inférieur le tronc supérieur fournit plus d'1/3 des nerfs pectoraux le tronc supérieur fournit plus de la moitié du faisceau postérieur le tronc inférieur fournit moins de 15% du faisceau postérieur le tronc inférieur fournit moins de la moitié du nerf médian le tronc inférieur fournit moins de la 25% du nerf radial
faisceaux	le faisceau latéral ne recoit pas de contingent de C8
nerfs périphériques	C7 fournit moins de 8% au nerf musculo-cutané C7 fournit une contribution au nerf ulnaire

La postfixation (participation de T2 dans le plexus brachial) correspond aux critères inverses, représenterait 4% (bonnel [19]), 16% (Ko Hirasawa) à 73% (Adolphi) des cas [28]. La notion importante à garder en mémoire dans cette situation est que C7 (qui fournit moins de 10% des fibres au nerf musculo-cutané dans un plexus normal) contribue pour une grande partie du nerf musculocutané et que C8 fournit alors près de 40% des fibres du faisceau latéral.

III. ANATOMOPATHOLOGIE DES LÉSIONS NERVEUSES :

Tout nerf soumis à une traction développe trois types de lésions :

- **l'élongation** sans solution de continuité des gaines nerveuse correspondant à la neuropraxie décrite selon Seddon [29] ou au degré I de Sunderland [41]. Cliniquement, la récupération sans séquelles se fait rapidement.
- **la rupture** de la structure nerveuse correspond à une solution de continuité. Il s'agit alors du phénomène d'axonotmésis ou de neurotmésis de Seddon. Dans l'axonotmésis, l'axone est rompu à l'intérieur de son enveloppe et la repousse nerveuse s'effectue sans erreur d'aiguillage, cliniquement sans séquelle. Lorsque l'axone et sa gaine sont rompus (degré II de Sunderland), la régénération axonale peut se faire avec une erreur de parcours. Il existe alors une récupération avec erreur d'aiguillage donnant des contractions parasites, muscles agonistes et antagonistes pouvant être sollicités en même temps. Enfin, la rupture anatomique peut être complète, sans contact entre les deux extrémités. Cela aboutit à une absence complète de récupération
- **l'avulsion** est un arrachement des radicelles à leur issue de la moelle épinière. Très fréquemment complet, cet arrachement permet parfois de retrouver le ganglion spinal en dehors du trou de conjugaison, la partie distale de la racine présentant un aspect en « queue de radis ». Cette lésion ne permet aucun type de récupération [10].

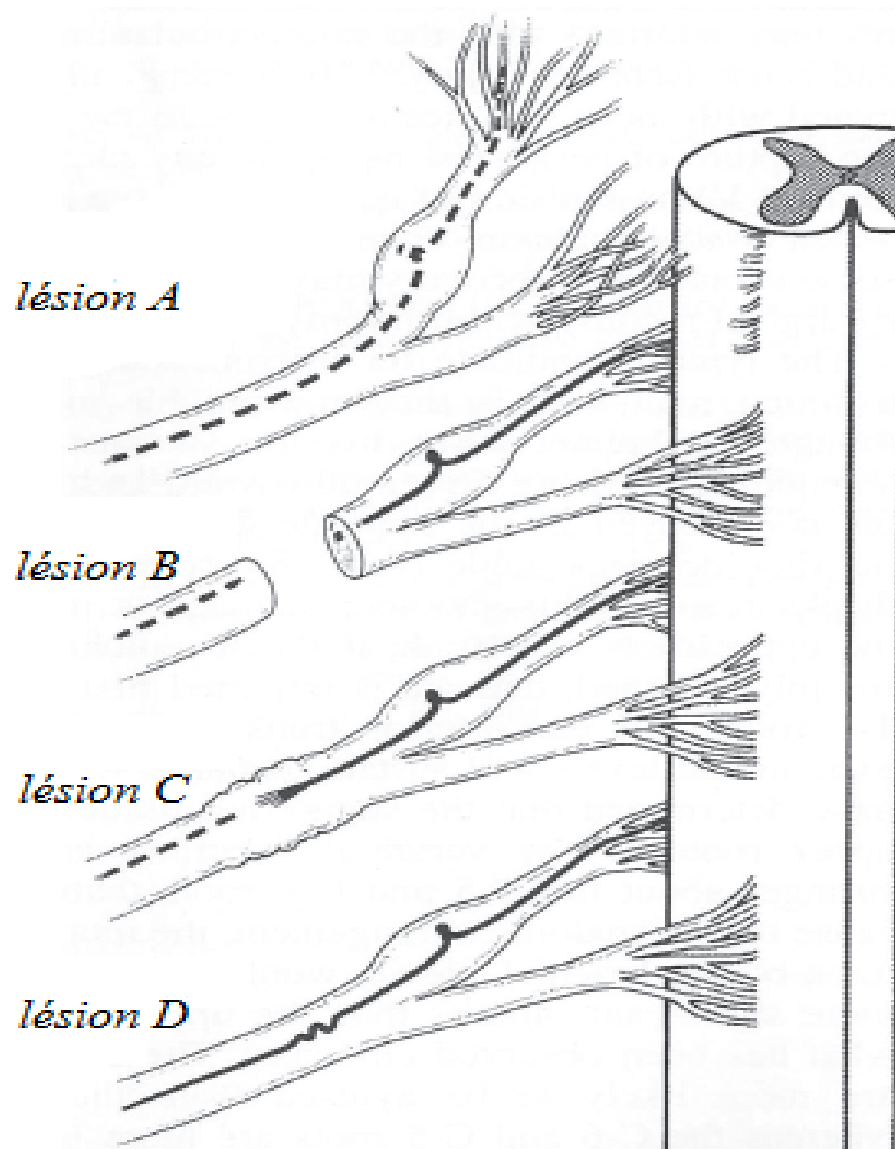


Figure 10 : diagramme montrant les grades de lésions qui peuvent se produire au niveau du plexus brachial [143]. Lésion A : lésion préganglionique (avulsion), lésion B : lésion postganglionique (rupture neurotmesis), lésion C : axonotmesis, lésion D : neurapraxie.

III.1 Classifications des lésions nerveuses périphériques :

-Seddon, en 1943, a introduit une classification fonctionnelle décrivant trois types de lésions nerveuses : la neurapraxie, l'axonotmésis et le neurotmésis.

-Sunderland développe la classification de Seddon en incluant le premier degré lésionnel (neurapraxie), le second degré (axonotmésis) et le neurotmésis comme cinquième degré. Le troisième degré correspond à une atteinte de l'endonèvre et le quatrième degré à une atteinte inter-fasciculaire sévère du nerf où aucune régénération ne peut survenir.

-Mackinnon a décrit un sixième degré observé dans les lésions nerveuses en continuité. Il correspond à une mosaïque des cinq types de lésions de Sunderland dans différents fascicules et à des sièges variables sur le nerf.

III.1.1 Classification de Seddon : Seddon, a distingué trois types de lésions (Tableau 5) :

●**Neurapraxie** : il s'agit d'un bloc de conduction sans lésion anatomique. La continuité des axones et l'excitabilité des structures nerveuses sont préservées. Selon Seddon, il y a persistance d'un certain degré de fonction sensitive et sympathique. Ceci est lié à une différence de vulnérabilité des fibres nerveuses de grand et petit diamètre. Cela correspond à une lésion de démyélinisation segmentaire. Ce bloc de conduction persiste jusqu'à réparation de la gaine de myéline, ce qui demande en principe quelques semaines. L'amyotrophie est insignifiante.

●**Axonotmésis** : il y a rupture ou section axonale, mais la lame basale de la gaine de Schwann et les tubes endoneuraux sont intacts. Il y a dégénérescence Wallérienne d'aval. Le temps nécessaire à la récupération fonctionnelle correspond au temps requis par la régénération axonale et à la réinnervation des effecteurs. Le pronostic est généralement bon, car les tubes endoneuraux guidant la repousse axonale sont intacts et il n'y a ni fausse route ni perte axonale. Toutefois, les altérations des effecteurs dues à la dénervation peuvent limiter cette récupération.

●**Neurotmésis** : il y a interruption de tous les éléments constitutifs du nerf. La récupération est très variable et fonction de la repousse axonale au sein de la perte de continuité nerveuse et il y a dans ce type de lésion une régénérescence anarchique partielle plus ou moins importante avec des erreurs de parcours. La récupération de la force musculaire est parasitée alors par des co-contractions, deux muscles antagonistes ne pouvant dissocier leur action par une erreur d'aiguillage de la repousse axonale. La régénérescence peut aussi être totalement anarchique et très déficitaire avec une absence de récupération complète ou une récupération extrêmement faible.

III.1.2 Classification de Sunderland :

Sunderland a proposé une classification plus détaillée en cinq degrés basée sur l'état lésionnel des différents constituants du nerf périphérique (Tableau 5). Toutefois, la distinction des stades intermédiaires de la classification de Sunderland nécessite une analyse histologique :

- **Stade I** : équivalent à la neurapraxie de Seddon
- **Stade II** : axonotmésis de Seddon.
- **Stade III** : rupture endoneurale, l'axone et la membrane basale sont rompus. La régénération est anarchique et partielle à l'intérieur d'un fascicule. Un déficit fonctionnel permanent plus ou moins grave en est la conséquence.
- **Stade IV** : rupture endo et périneurale ; la régénérescence si elle est possible, est totalement anarchique et très déficitaire.
- **Stade V** : correspond au neurotmésis de Seddon, il y a rupture des trois gaines endo-, péri- et épineurale.

Tableau 5 : Corrélations entre les classifications Sunderland et Seddon et l'estimation de la récupération par rapport à la lésion [30].

TABLE 38.1 Correlations Between Sunderland and Seddon Classifications and Estimation of Recovery with Respect to the Lesion

Sunderland Classification	Seddon Classification	Injury	Clinical Signs	Recovery
Sunderland I	Neuropraxia	Intrafascicular oedema Segmental demyelination	Paresthesia, partial or total palsy	Full (1 day-3 months)
Sunderland II	Axonotmesis	Axon injured Endoneurial tubes normal	Paresthesia, partial or total palsy	Generally full (1-6 months)
Sunderland III		Endoneurial tubes injured	Paresthesia, dysesthesia, partial or total palsy	Partial (12-24 months)
Sunderland IV		Only epineurium normal (neuroma in continuity)	Hypoesthesia, dysesthesia, total palsy	None without repair
Sunderland V	Neurotmesis	Loss of continuity	Anesthesia, total palsy	None without repair
Sunderland VI		Combination of previous injuries	Paresthesia, partial or total palsy	None or partial

In both classifications, some important prognostic factors are not taken into account.

III.1.3 Classification visuelle per-opératoire d'une racine donnée repose sur les critères suivants [31]:

- **Avulsion:**
 - radicelles visibles dans la région foraminale ou extra-foraminale.
 - ganglion de la racine dorsale visible.
 - pas de névrome
 - pas de contraction musculaire à la stimulation.
- **Neurotmésis:**
 - apparence normale à l'étage foraminal.
 - augmentation nette du diamètre nerveux à l'étage juxta-foraminal.
 - fibrose épineurale.
 - perte de continuité fasciculaire.

- consistance augmenté.
 - allongement de la racine avec déplacement latéral de la formation du tronc correspondant.
 - la stimulation proximale produit des contractions qui ne permettent pas le mouvement contre la pesanteur.
- ***axonotmésis:***
 - fibrose épidurale
 - pas de modification du calibre nerveux après excision de la fibrose périradiculaire
 - continuité fasciculaire préservée
 - stimulation proximale produisant des contractions permettant le mouvement contre la pesanteur.

III.2 Anatomopathologie en fonction de la présentation :

Quel que soit le type de présentation, il s'agit d'un traumatisme exercé sur les racines du plexus par traction sur la tête ou sur l'épaule avec une augmentation brutale de la distance entre le menton et l'épaule.

III.2.1 Naissance par présentation céphalique

Les manœuvres obstétricales de dégagement du fœtus naissant par voie basse, tête première, associent la rotation de la tête et l'abaissement de l'épaule (figure 11). Elles aboutissent à une traction responsable des lésions nerveuses d'étirement, de rupture et d'arrachement en fonction de la force appliquée. Le travail expérimental effectué sur cadavre par Métaizeau [32] permet de comprendre les conséquences cliniques par extrapolation à une naissance traumatique par voie céphalique (figure 12).

Lorsque la traction s'exerce avec fermeté mais avec modération, les premières racines à se tendre sont C5 et C6. Il se produit alors une élongation dont le phénomène infime est la neuropraxie (figure 12A). À ce stade, la récupération clinique est sans séquelle et débute très rapidement. Si la traction persiste et dépasse 20 kg, l'épinièvre se déchire et une rupture s'effectue en dehors du trou de conjugaison, soit de C5 et C6, soit du tronc primaire supérieur (figure 12B). Cliniquement, cette lésion se traduit par une paralysie proximale de l'épaule et du coude dont la qualité de récupération peut être médiocre. Cette lésion peut coexister avec une élongation des racines basses se traduisant cliniquement par une paralysie temporaire du poignet et de la main (figure 12C).

Mais, lorsque la force dépasse la capacité d'élasticité des radicelles, C7 puis C8 sont avulsées de la moelle à l'intérieur du trou de conjugaison. Enfin, le traumatisme atteint T1, arrachée à son tour (figure 12D). L'existence de ce type de lésion écarte tout espoir de récupération clinique et donne un pronostic fonctionnel très péjoratif de ce membre supérieur, en dehors de toute chirurgie nerveuse. Cette lésion s'accompagne d'une atteinte des fibres sympathiques du rameau communicant de T1 avec le ganglion stellaire dont la traduction clinique est le signe de Claude Bernard-Horner. Une variante de la présentation céphalique classique est celle avec main première. La traction du membre supérieur en abduction peut aboutir à l'arrachement des racines basses, décrite par Klumpke-Dejerine. La traduction clinique en est une paralysie complète du poignet et de la main avec une épaule et un coude fonctionnels. Cette forme clinique peut aussi se voir dans les naissances par césarienne.

III.2.2 Naissance par présentation siège

La naissance par le siège peut être aussi l'occasion d'un traumatisme du plexus brachial lorsqu'il y a une rétention tête dernière. La lésion se produit ici (figure 13) par traction des épaules en hyper-extension de la région cervicale entraînant un arrachement des racines proximales C5, C6 et parfois C7 : les éléments de protection des racines hautes ne peuvent jouer leur rôle, la direction de la force de traction se faisant de façon inverse. Ce type de naissance peut s'accompagner d'un état de mort apparente par anoxie néonatale induisant un relâchement musculaire favorisant le traumatisme nerveux. C'est dans ce mode de naissance que la paralysie bilatérale peut se produire [10].



Figure 11 : Naissance par voie céphalique avec traction-rotation de la tête, l'épaule étant fixe [10].

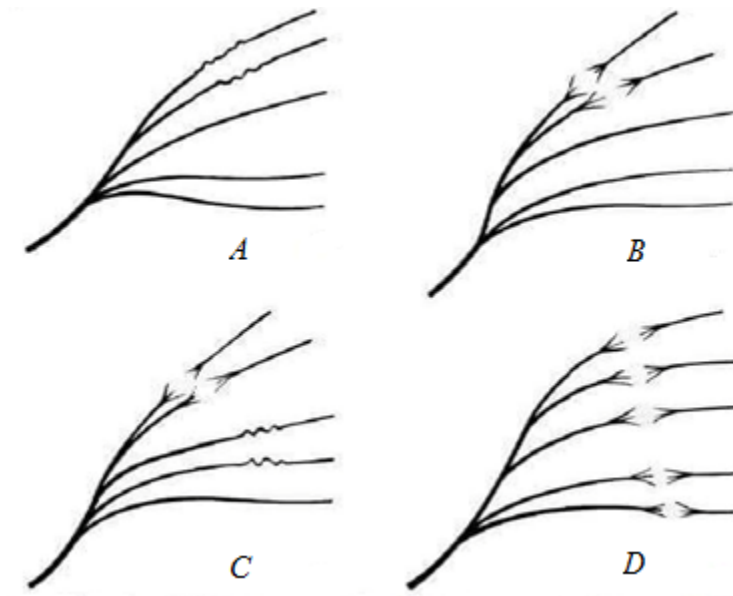


Figure 12 : Mécanisme anatomopathologique des elongations, ruptures et arrachements d'après Métaizeau (A, B, C, D). Schémas montrant les correspondances anatomo-cliniques en fonction du gradient de force exercée [10].



Figure 13 : Naissance par le siège, rétention tête dernière : la traction est effectuée en sens contraire du mécanisme classique et explique les avulsions des racines proximales [10].

IV. PHYSIOPATHOLOGIE DES LÉSIONS NERVEUSES :

IV.1 Conséquences de la lésion axonale :

Dès 1838, Remak considérait le corps cellulaire nucléé comme la source des substances formant les fibres nerveuses. La première étude expérimentale sérieuse, des conséquences d'une section nerveuse périphérique, a été effectuée en 1850 par Auguste Waller, en indiquant clairement que l'extrémité distale du nerf sectionné dégénérait (figure 14). Le cytoplasme du neurone, comme toute autre cellule de l'organisme, ne vit que grâce au rôle trophique du noyau. Le corps cellulaire est indispensable au maintien de l'axone et à l'entretien des relations étroites qui existent entre le neurone et les tissus qu'il innerve. En 1943, Weiss et Hiscoe ont montré l'existence de matériel synthétisé dans le corps cellulaire et constamment transporté le long de l'axone, mettant ainsi en évidence les notions de flux axonal antérograde lent et rapide et de flux axonal rétrograde. L'absence, quasi-totale, de synthèse protéique dans l'axone, permet d'expliquer que ce prolongement neuronal (expansion cytoplasmique) ne peut survivre et jouer son rôle dans la transmission de l'influx nerveux, lorsqu'il est séparé de son centre trophique (corps cellulaire situé dans la corne antérieure de la moelle). Depuis lors, le processus de transformation, irréversible dans le tronçon distal d'un nerf sectionné, alors que le tronçon proximal de la fibre survit, porte le nom de « dégénérescence Wallérienne ».

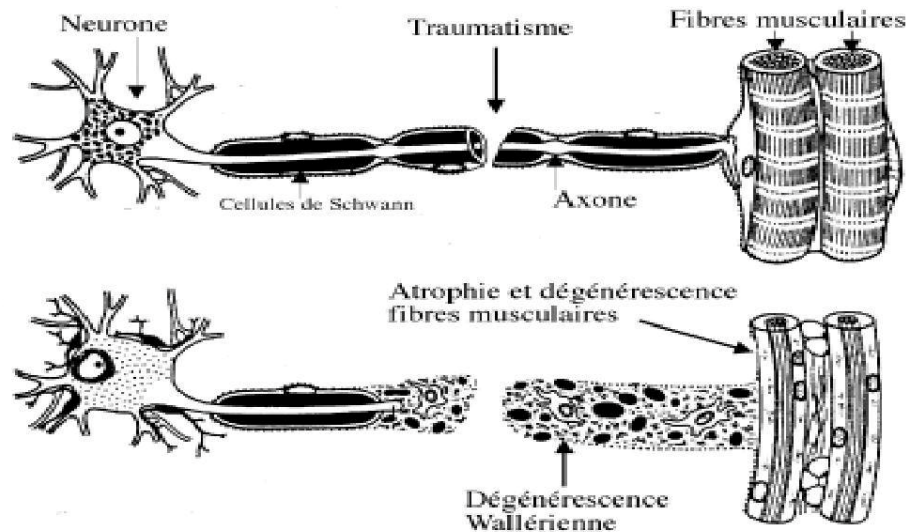


Figure 14 : ouverture de la gaine du nerf périphérique avec dégénérescence Wallérienne du segment distal [33].

IV.2 modifications de l'extrémité distale :

Dégénérescence Wallérienne : la perte de continuité de l'axone entraîne rapidement des modifications histologiques, biochimiques et physiologiques. Dans un premier temps il y a perte de la structure fibrillaire de l'axone, puis sa disparition. La conséquence physiologique de la désintégration axonale est la disparition de la conduction de l'influx nerveux. La gaine de myéline subit le même sort mais de façon plus lente. Pendant la seconde semaine a lieu le métabolisme biochimique de la myéline. Les cellules de Schwann, elles, ont une tout autre évolution, elles ne dégèrent pas et sont le siège d'une intense activité métabolique. Elles vont participer dans un premier temps par une activité macrophagique intense à la digestion des débris d'axone et de myéline. Dès le 4^e jour, on retrouve ces cellules de Schwann alignées en cordons à l'intérieur du tube formé par la membrane basale ; ils constituent les bandes de Bûngner qui jouent un rôle essentiel dans la

régénération nerveuse. L'élément fondamental lors de la régénération nerveuse est le respect de l'intégrité de la membrane basale de part et d'autre de la lésion nerveuse. Après section, les différentes gaines du nerf (épinèvre, périnèvre, endonèvre, membrane basale) ne dégénèrent pas, il apparaît un tissu cicatriciel par prolifération cellulaire visant au rétablissement de la continuité des gaines. En l'absence de réparation nerveuse, ces éléments conduiront à la constitution d'un névrome (figure 15).

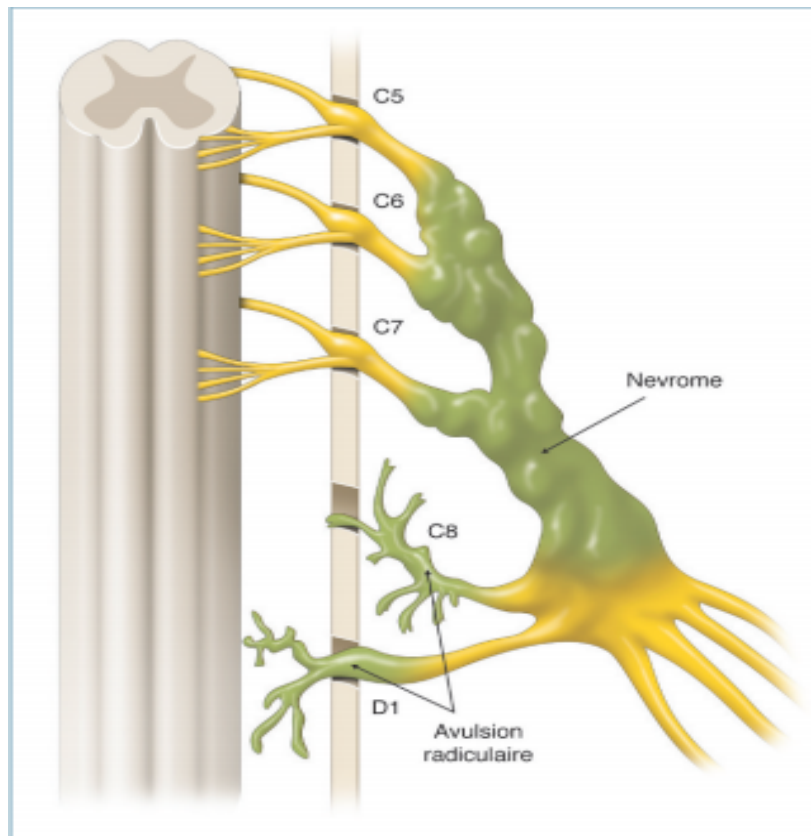


Figure 15 : topographie des lésions plexiques observées chez l'enfant. Il s'agit le plus souvent d'avulsion radiculaire au niveau de la moelle pour les racines inférieures (C8 et D1), soit sous forme bloquée dans le trou de conjugaison (D1), les radicelles n'étant pas visibles lors de la dissection, soit sous forme libre C8, les radicelles apparaissant dans le défilé inter-scalénique à la dissection. La rupture siège en plein corps de la racine pour les racines supérieures (C5, C6 et C7), en situation extra-foraminale post-ganglionnaire [34].

IV.3 Modifications de l'extrémité proximale :

Selon le niveau de la lésion axonale, le neurone va perdre la plus grande partie de son cytoplasme. Une telle amputation va avoir plusieurs conséquences sur l'extrémité proximale :

- En regard de la lésion, l'axone va subir une dégénérescence ascendante, comparable à celle observée dans le segment distal, allant jusqu'au premier nœud de Ranvier voire au-delà si le traumatisme est intense. Elles s'en distinguent par leur réversibilité et l'apparition précoce d'une repousse axonale.
- Au niveau du corps cellulaire du neurone : de profondes modifications structurales, métaboliques, et physiologiques appelées chromatolyse, dues aux flux rétrograde qui informe le corps cellulaire de la lésion axonique. Ces modifications correspondent à : une augmentation du volume cellulaire très vite suivie d'une réduction, une migration du corps cellulaire vers la périphérie du cytoplasme et une fragmentation et une dispersion du corps de Nissl. L'évolution se fait soit vers la reprise d'une fonction normale, grâce au rétablissement des connections périphériques et grâce à la régénération nerveuse, soit vers la mort cellulaire du neurone, si la dégénérescence rétrograde a été intense, et ce d'autant plus que la lésion est proximale.

IV.4 Régénération de la partie proximale :

Deux facteurs essentiels conditionnent la repousse axonale : sa capacité à régénérer après une telle agression et surtout l'intégrité ou non du tissu de soutien pour guider la repousse axonale.

- Régénération axonale après lésion de degré 2 (Sunderland) ou axonotmésis (Seddon) :
 - La restauration neuronale : Le début de la régénération est marqué par un arrêt de la chromatolyse et une reprise des activités anaboliques du neurone. La synthèse de protéines spécifiques GAPs (Growth Associated Proteins) permet la reprise du transport axoplasmique et favorise l'élongation de l'extrémité axonale.
 - La régénération axonale : l'axone en voie de régénération émet plusieurs repousses de tailles variées, qui se ramifient à leur tour plus distalement, l'ensemble des bourgeons constituant un faisceau de régénération. Le développement ultérieur des bourgeons et le maintien de l'intégrité de la néo-fibre nécessitent un apport continu de substance trophique et de matériau de remplacement dont la voie de transport se fait par les flux axoniques antérogrades et rétrogrades.
 - La myélinisation des segments régénérés : l'axone régénéré prolonge directement l'axone initial. La membrane basale ancienne étant conservée, l'axone en régénération progresse dans ce guide accompagné de cellules de Schwann. La myélinisation de l'axone régénérée débute au 7ème jour, la néo-gaine de myéline faisant suite à la myéline proximale saine.

- Reconstitution des plaques motrices : l'établissement du contact entre le motoneurone et les fibres musculaires est essentiel, il conditionne la récupération fonctionnelle de l'unité motrice. Seul un nombre très limité de plaques motrices sera réinnervé. La réinnervation se fera donc avec le temps majoritairement par des plaques motrices néoformées, mais cette capacité à générer de nouvelles jonctions neuromusculaires diminue au fil des mois.
- Réinnervation de voisinage : à partir de la première fibre musculaire réinnervée se développe une réinnervation des fibres voisines, conduisant à une augmentation de taille des unités motrices, et à une disposition en amas des fibres des unités motrices. Ces modifications architecturales du muscle avec des fibres dont la disposition est moins homogène va altérer significativement ses performances mécaniques.
- La régénération nerveuse après section (3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème} degrés de Sunderland)
 Les degrés 3, 4 et 5 de Sunderland ou neurotmésis de Seddon ont un pronostic de récupération bien moins bon que le degré 2 ou axonotmésis. Dans ces cas, le franchissement de la zone lésionnelle est rendu particulièrement difficile pour deux raisons. La disparition plus ou moins complète du tissu de soutien qui guide la repousse axonale et l'interposition entre les deux extrémités nerveuses d'un tissu cicatriciel. N'ayant plus son « rail » de croissance, les tubes de lame basale étant rompus, et confrontés à un milieu cicatriciel hostile, la progression du bourgeon axonal se fait au hasard :
 - Certains sortent du tissu cicatriciel et s'égarent dans le tissu environnant.
 - D'autres restent prisonniers du tissu cicatriciel et participent à la constitution d'un névrome ;

- D'autres parviennent à gagner le segment distal du nerf sectionné, pénètrent dans un tube de lame basale et poursuivent leur croissance vers la périphérie. Mais les axones régénérants ne pénètrent pas forcément dans des basales appropriées à leurs fonctions et beaucoup colonisent des basales différentes de celles qu'ils occupaient avant la lésion. Si un axone moteur emprunte un tube distal moteur d'un type différent du sien (lent ou rapide) il risque de subir le même sort, ou si le muscle est réceptif, il peut induire la conversion de la fibre musculaire innervée [35].

Les récepteurs périphériques, aussi bien moteurs que sensitifs, ne peuvent donner de résultats fonctionnels satisfaisants que lorsqu'ils sont recolonisés par la même fibre nerveuse préexistante à la lésion. La croissance et l'orientation des axones régénérés sont un processus complexe, régi par une multitude de facteurs biologiques (figure 16).

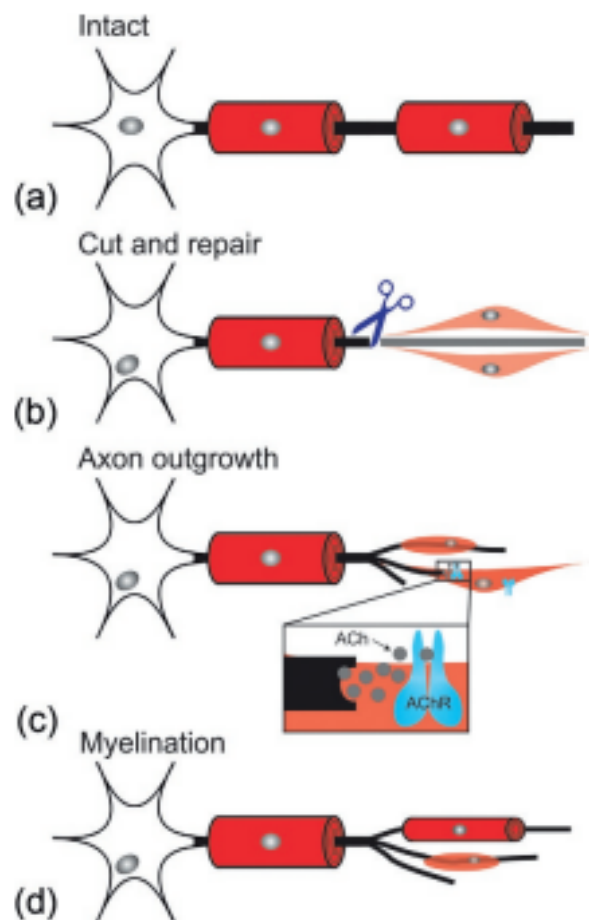


FIGURE 61.6 Neurochemical conversion of Schwann cells from non-myelinating to myelinating Schwann cells by regenerating peripheral nerves. (a) Schwann cells form myelin sheaths around intact axons between the nodes of Ranvier. (b) After nerve transection, axons and myelin undergo Wallerian degeneration in the denervated nerve stumps. Denervated Schwann cells divide and extend long processes. (c) The elongated Schwann cells that guide regenerating axons release neurotransmitters. Released acetylcholine (ACh) binds to receptors (AChRs) on adjacent Schwann cell membranes and thereby promotes withdrawal of the Schwann cell processes. (d) Reinnervated Schwann cells convert from the myelinating growth-permissive state to the myelinating phenotype that initiates the remyelination of the regenerating axons (see text for details).

Figure 16: Conversion neurochimique de cellule de Schwann non myélinisée en cellule de Schwann myélinisée par régénération du nerf périphérique [36]

V. DIAGNOSTIC :

V.1 Examen clinique :

Variable selon l'âge de l'enfant, et doit s'effectuer dans un local calme. Après un accouchement difficile, le nouveau-né se présente avec un membre supérieur flasque souvent douloureux. La gesticulation, les masses musculaires sont totalement asymétriques entre le membre paralysé et le côté sain hypertonique en flexion physiologique.

Chez le nouveau-né, le bilan articulaire passif est normal. Mais, avec la croissance, il met en évidence des attitudes vicieuses qui sont le résultat d'une croissance osseuse soumise au manque de balance entre groupes musculaires agonistes et antagonistes. Il en résulte une raideur articulaire par disparition de l'amplitude articulaire normale, la mobilité articulaire se décalant vers le groupe musculaire le plus puissant.

Chez le tout jeune nourrisson jusqu'à l'âge de 4-6 mois, le testing se base sur le réflexe d'étirement d'un muscle générant une contraction-réponse immédiate (réflexe myotatique) ou sur l'excitation du territoire cutané en regard du muscle ou du groupe musculaire stimulé (test de la brosse à dents). Dès que la préhension volontaire, même fruste, apparaît, la stimulation avec de petits objets sonores ou mobiles permet d'apprécier la motricité du membre supérieur examiné. La palpation du membre au moment de la stimulation par la chute du bras pour examiner le deltoïde donne des renseignements très utiles.

Le nourrisson plus âgé, ou l'enfant, se présente souvent avec une attitude en rotation interne globale du membre, parfois en flectum du coude et en supination de l'avant-bras, main ballante pour les paralysies complètes.

Le testing, toujours effectué chez un enfant assis dans un premier temps, nécessite un certain apprentissage chez le nourrisson et le petit enfant jusqu'à 3 ou 4 ans, moment où l'enfant est capable de coopérer.

Tableau 6 : Tableau d'évaluation de Gilbert / Raimondi. [42]

Evaluation de l'épaule :

Stade 0 : paralysie flasque

Stade I : abduction-antépulsion < 45° ; Pas de RE.

Stade II : abduction < 90° ; Pas de RE.

Stade III : abduction 90° ; RE faible.

Stade IV : abduction < 120° RE incomplète.

Stade V : abduction > 120° ; RE active.

Evaluation du coude :

<u>Flexion :</u>	Nulle ou contraction faible	1
	Flexion incomplète	2
	Flexion complète	3
<u>Extension :</u>	Pas d'extension	0
	Extension faible	1
	Bonne extension	2
<u>Défaut d'extension :</u>	0 à 30°	0
	30° à 50°	-1
	Supérieur à 50°	-2

Résultats :

- Bon	4-5
- Moyen	3-4
- Mauvais	0-2

Evaluation de la main :

0 : Paralysie complète ou quelques mouvements faibles des doigts ; pouce inutile ; pas de pince ; sensibilité absente ou faible ;

I : Flexion active limitée des doigts. Pas d'extension : pince latérale possible avec le pouce ;

II : Extension active du poignet avec flexion faible des doigts. Pince latérale du pouce ;

III : Flexion active du poignet et des doigts ; pouce mobile avec abduction-opposition incomplète ; pas de pro-supination ;

IV : Flexion active complète du poignet et des doigts ; extension des doigts faible ou absente activité des muscles intrinsèques, pro-supination incomplète ;

V : Main IV avec extension des doigts pro-supination pratiquement complète

L'examen neurologique, indispensable pour éliminer des pathologies centrales ou médullaire (ischémies anténatales, tumeurs cérébrales ou médullaires), s'attache à mettre en évidence les réflexes néonataux archaïques chez le nouveau-né qui vont disparaître vers le 3ème mois de vie. Le tonus est exploré par les manœuvres du tiré- assis, de suspension ventrale, par la recherche du signe du foulard. Les réflexes musculaires sont obtenus de façon classique

Trois types de tableaux cliniques peuvent se présenter en fonction des atteintes radiculaires :

- La paralysie de l'épaule et de la flexion du coude dans les atteintes C5-C6 sont les plus fréquentes (figure 17, figure 18).
- Les paralysies de l'épaule, du coude et de l'extension du poignet et/ou des doigts traduisent souvent une lésion C5, C6, C7 et C8, parfois avec l'arrachement de cette dernière racine (figure 19, figure 20).
- La paralysie complète sensitivomotrice témoignant d'une atteinte de toutes les racines, le membre supérieur est flasque, sans mobilité du poignet et de la main, sans sensibilité, les doigts étant fermés (figure 21, figure 22). Le membre présente souvent un aspect marbré, secondaire à des troubles vasomoteurs.

Exceptionnellement, les paralysies atteignent uniquement les racines basses avec conservation des mouvements de l'épaule et du coude (paralysie de Klumpke-Dejerine).

Deux signes cliniques méritent d'être recherchés car il s'agira alors d'une lésion plexique grave :

- Le signe de Claude Bernard-Horner associe ptôsis, myosis, et enophtalmie du côté paralysé. Il est dû à un arrachement de la racine C8 ou T1 à l'intérieur du canal rachidien (figure 23).

- La paralysie diaphragmatique, autre signe de gravité due à une lésion du nerf phrénique, conduisant à une détresse respiratoire par paralysie du diaphragme homolatéral.

On examinera aussi la clavicule et l'humérus qui peuvent être le siège de fractures passées inaperçues, le membre supérieur controlatéral et enfin les membres inférieurs pour exclure une hémiplégie infantile congénitale anténatale.



Figure 17 : Aspect d'une paralysie plexique proximale, C5-C6, avec la main et les doigts en flexion, l'avant-bras en pronation, alors que l'épaule et le coude sont inertes [34].



Figure 18 : Aspect clinique de la paralysie C5-C6 [2]



Figure 19 : enfant d'un mois atteint d'une POPB C5-C6-C7 [37].



Figure 20 : Tableau clinique d'une paralysie obstétricale du plexus brachial avec atteinte C5, C6, C7 et C8 [10].



Figure 21 : Aspect clinique de la paralysie totale [2]

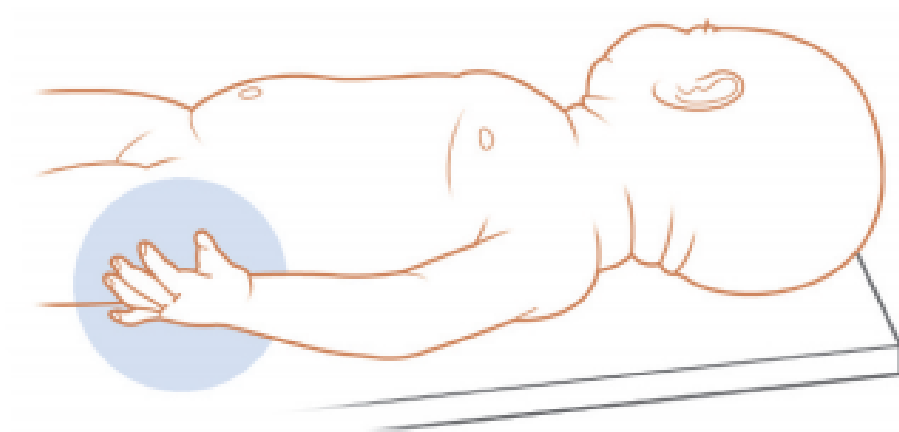


Figure 22 : Paralysie plexique complète, la totalité du membre supérieur étant flasque [34].



Figure 23 : Le signe de Claude-Bernard-Horner [38].

V.2 Examens paracliniques :

La radiographie du thorax et du membre supérieur montre s'il y a une fracture associée de clavicule ou de l'humérus et analyse la coupole diaphragmatique. Elle permet également d'éliminer le diagnostic différentiel de la paralysie : le décollement épiphysaire de la tête humérale (figure 24). La radiographie le montre en 1 à 2 semaines par la présence d'un cal périosté.

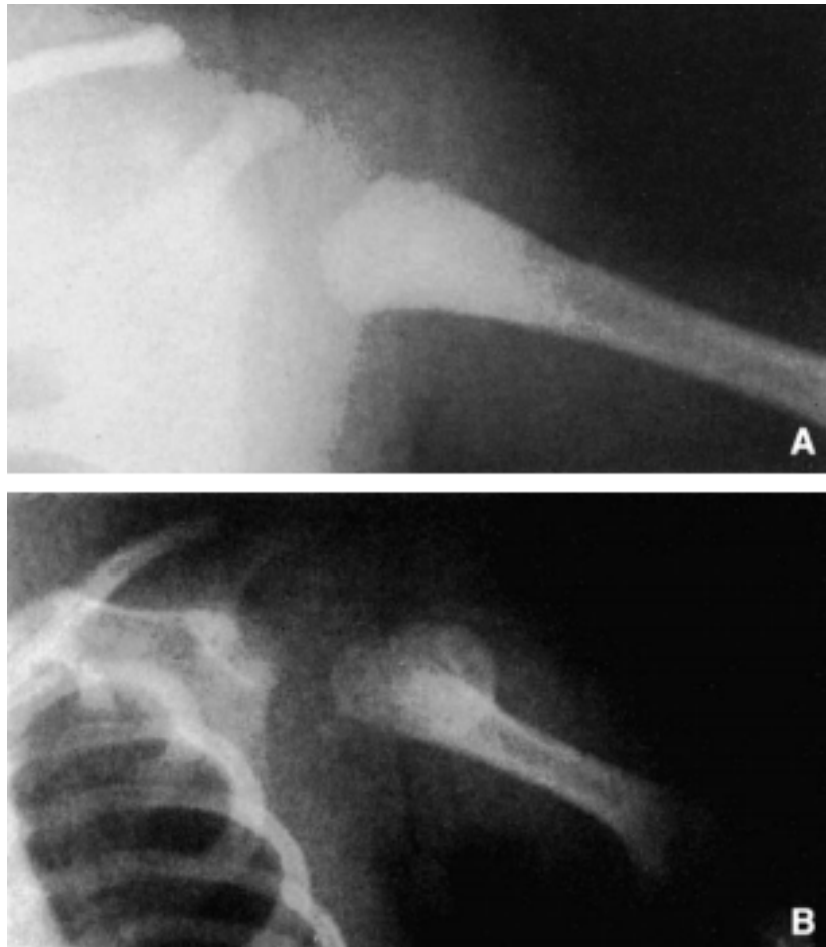


Figure 24 : Décollement épiphysaire obstétrical de l'extrémité supérieure de l'humérus.
A. à j2 : œdème des parties molles et microarrachement métaphysaire externe de l'humérus.
B. à j17 : grosses ossifications périmétaphysaires [39].

L'électromyographie (EMG) garde une place dans l'exploration des POPB (Tableau 7). Cet examen douloureux est difficile à réaliser et à interpréter chez le nourrisson. Les tracés ne correspondent pas toujours aux possibilités fonctionnelles réelles du membre. L'EMG a surtout un intérêt négatif, car une absence totale de réinnervation, au troisième mois, signifie presque certainement un arrachement de la racine correspondante.

L'électrophysiologie préopératoire doit être réalisée à 3 semaines pour permettre à la dégénérescence Wallérienne de s'exercer.

Les objectifs qui lui sont assignés sont:

1. Déterminer si l'atteinte est pré-ganglionnaire ou post-ganglionnaire.
2. Rechercher l'atteinte de muscles clés topographiquement, collatéraux au plexus et qui sont difficiles à analyser cliniquement.
3. Détecter une réinnervation précoce non visible cliniquement dans les muscles de l'épaule et du bras (critères opératoires).

Les examens neuroradiologiques sont sans doute plus utiles pour atteindre les deux buts fixés. Longtemps utilisée, la myélographie a permis de connaître les niveaux lésés et de faire la différence entre les ruptures et les avulsions. En effet, les racines peuvent être visualisées chez le nourrisson, dessinées par le liquide de contraste, les pseudoméninocèles signant un arrachement. Examen délicat, nécessitant une anesthésie générale et des compétences radiologiques certaines, il est peu à peu abandonné à l'avantage de la résonance magnétique. Cet examen, non invasif, permet de visualiser les racines et les pseudoméninocèles avec la même fiabilité.

Tableau 7 : résultats des données cliniques, électriques et IRM de neuf patients admis pour des lésions du plexus brachial [40].

CAS	Clinique	IRM initiale	ENMG initiale	Suivi ENMG et IRM	Évolution clinique
1	Lésion partielle C5-C6 droite Hyperextension épaule	Normale	Normal	Pas de contrôle	Normale
2	Paresthésies C5-C6 droites, luxation antérieure de l'épaule	Normale	Axonotmésis subtotale nerf axillaire droit	Pas de contrôle	Amyotrophie isolée deltoïde droit
3	Paralysie complète membre supérieur droit. Accident de moto	Normale	Neurotmésis/ axonotmésis subtotal C5-T1 droites	ENMG M8 Axonotmésis sévère des troncs secondaires C5 à T1 droites. IRM de contrôle normale	Paralysie complète membre supérieur droit
4	Paralysie C5-C6 droite Accident de moto	Hypersignal C5 à T1 droites Hématome + corps étrangers	Axonotmésis ou neuropraxie C5-C6 droites	ENMG J15 : dénervation complète C5-C6 droites. IRM de contrôle : hypersignaux C5-C6 droites	Récupération flexion du coude
5	Déficit C5-C6 droit Fracture clavicule, omoplate. Accident de moto	Hypersignal C5 à C8 droit	Axonotmésis subtotale C5-C6 droites, incomplète C7-C8 droites	ENMG M6 : Axonotmésis complète C5-C6 droite, signes de récupération C7-C8. IRM : hypersignaux C5-C6 droites	Greffe biceps brachial. Récupération flexion du coude
6	Plégie du membre supérieur droit. Fracture clavicule. Accident de scooter	Hypersignal C5 à T1 droites	Axonotmésis sévère C5, C6, C7. Partielle C8 droit	ENMG : atteinte complète C5, C6, C7 et partielle C8-T1 droites. IRM : dénervation étendue	Transfert de musculature épitrochléenne sur humérus distal. Pas de flexion du coude.
7	Arrachement membre supérieur droit. Accident de moto	Avulsions C5 à T1 droites	Dénervation complète C5 à T1 droites	Traitement et suivi dans un autre centre	
8	Paraplégie complète D4, Faiblesse main gauche. Accident de voiture	Avulsions C8-T1 gauches	Lésions axonales sévères C8-T1 gauches	Non réalisés	
9	Déficit C5 à C8 droites Chute en VTT	Avulsions C5 à C8 droites.	Dénervation complète C5-C8 droites.	ENMG : signes de réinnervation IRM : avulsion C5 à C8 droites, dégénérescence wallérienne des trois troncs	Neurotisation deux mois après le trauma

V. 3 Diagnostiques différentiels :

Certaines affections néo-natales peuvent simuler une POPB.

Les lésions traumatiques d'origine obstétricale du squelette du membre supérieur donnent un aspect pseudo-paralytique ; de plus, elles peuvent accompagner une authentique POPB.

- Les fractures de la diaphyse humérale, et de la clavicule sont faciles à éliminer ; en revanche, un décollement épiphysaire de l'extrémité supérieure de l'humérus n'est évident sur les radiographies qu'à partir d'une quinzaine de jours sur la présence du cal périosté.
- Les arthrites septiques de l'épaule surviennent en principe dans un contexte infectieux et sont retardées par rapport à la naissance.

D'autres lésions neurologiques sont beaucoup plus rares :

- L'hématomyélie cervico-dorsale donne une atteinte bilatérale avec syndrome sous lésionnel au niveau des membres inférieurs, mais celui-ci est difficile à mettre en évidence car la mobilité réflexe est conservée ;
- une monoplégie cérébrale survient à l'issue d'un contexte de souffrance cérébrale néonatale qui peut être intriquée avec le traumatisme obstétrical.

VI. HISTOIRE NATURELLE :

Dès le traumatisme passé, la récupération débute. Si elle est pauvre, le traitement chirurgical permet de redistribuer les sources de neurotisation privilégiant la main. Mais la récupération spontanée aussi bien que celle après chirurgie nerveuse continue à évoluer pendant 2 à 3 ans. Le traitement des séquelles n'est donc envisagé qu'après stagnation de cette récupération.

Trois types de séquelles apparaissent, elles découlent essentiellement de deux causes, le « déséquilibre musculaire » et la « co-contraction » :

- Les attitudes vicieuses peuvent apparaître dans la petite enfance et sont la conséquence du dysfonctionnement de la balance musculaire. Elles se produisent classiquement :

A l'épaule : avec une attitude en rotation interne, attitude réductible qui se fixe avec la croissance, le muscle sous-scapulaire se rétractant.

Au coude : avant-bras en supination et un flectum du coude. Elle est souvent accompagnée de la « main en breloque ».

- L'atteinte de la fonction du membre supérieur a comme corollaire un trouble de croissance. Cette croissance déficiente par rapport à l'autre côté est corrélée à l'étendue et à la gravité des lésions. Elle se traduit par une inégalité de longueur du membre supérieur atteint, peu visible dans les paralysies proximales mais importante dans les paralysies complètes où la main, si elle est peu fonctionnelle, est très hypotrophique

- Les troubles sensitifs sont variables selon les enfants avec une sensibilité tactile douloureuse et thermique très altérée dans les atteintes complètes. Les troubles trophiques sont presque constants, la peau est souvent le siège d'une sudation importante avec des ongles cassants et, parfois, des lésions d'autophagie chez le jeune enfant.



Matériels et méthodes

I. MATERIELS:

Ce travail est basé sur une étude rétrospective descriptive d'une série de 26 cas ayant une paralysie obstétricale du plexus brachial, traités par chirurgie nerveuse (neurotisation et/ou greffe nerveuse), au sein du service de traumatologie orthopédique pédiatrique de l'hôpital d'enfants du Centre Universitaire Hospitalier Ibn Sina de Rabat durant la période entre l'année 2005 et l'année 2016.

II. METHODES :

II.1 Sujets de l'échantillon :

II.1.1 critères d'inclusion :

Dans cette étude nous avons inclus les enfants suivis pour paralysie obstétricale du plexus brachial ayant :

- été traités par une chirurgie nerveuse : neurotisation et/ou greffe nerveuse.
- un recul minimal de 2 ans.
- été opérés dans le service de chirurgie B.

II.1.2 critères d'exclusion :

Pour les objectifs de cette étude nous avons exclu :

- Les patients n'ayant pas bénéficié d'une reconstruction nerveuse chirurgicale.
- Les patients qui nous ont été adressés et ayant été opérés dans d'autres structures.
- Les patients ayant un recul insuffisant : < 2 ans.
- Les patients dont les dossiers restent inexploitable.
- Paralysies traumatiques non obstétricales du plexus brachial.

II.2 Données recueillies et mode de recueil :

L'étude des dossiers a été basée sur les observations des chirurgiens du service à partir des fiches de suivi de consultation des patients ayant été pris en charge pour une paralysie obstétricale du plexus brachial. Le recueil des données cliniques, radiologiques et des éléments per et postopératoires a été facilité par la constitution d'une fiche d'exploitation **(annexe 1)**.

Pour chaque patient on a étudié les variables suivantes :

Caractéristiques démographiques usuelles : l'âge et le sexe.

Cliniques : côté atteint, forme de l'atteinte.

Interventionnelles : l'âge de l'intervention, l'abord chirurgical, exploration per-opératoire.

Thérapeutiques: technique chirurgicale nerveuse utilisée.

Evolutives : résultats **(Tableau 6)**.

III. TECHNIQUE:

III.1 Voie d'abord :

❖ Installation :

L'intervention est réalisée sous anesthésie générale chez un enfant installé en décubitus dorsal, un billot sous le massif des épaules pour placer le rachis cervical en position d'extension. La tête est orientée vers le côté opposé et fixée dans cette position par une simple bande adhésive. Tout le membre supérieur, la région axillaire et thoracique sont placés dans le champ opératoire. Les deux membres inférieurs sont aussi préparés à partir du genou avec un garrot pneumatique à hauteur de la cuisse, en vue du prélèvement des greffes nerveuses.

❖ Abord sus-claviculaire :

L'incision suit le bord postérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien, puis s'infléchit le long de la clavicule selon un trajet en L majuscule. Le lambeau triangulaire cutané est soulevé et récliné, la graisse sous cutané restant solidaire de ce lambeau et levée avec lui. Le muscle peaucier est incisé à son tour, mince lame musculaire souvent difficile à individualiser à cet âge. Sous le peaucier, visible par transparence chemine la veine jugulaire externe qui fait l'objet d'une excision après mise en place de clips d'hémostase. On repère alors le bord postérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien qui est disséqué, chargé sur un écarteur de Faraboeuf. L'artère cervicale transverse superficielle chemine à ce niveau, barrant l'accès au défilé interscalénique. Elle est réséquée entre deux clips d'hémostase. Le muscle omohyoïdien devient visible à ce stade, et son corps charnu est disséqué, puis réséqué entre deux points de coagulation. La dissection remonte alors en direction proximale, soulevant le bord postérieur du sterno-cléido-mastoidien. La région contient de la graisse et quelques ganglions lymphatiques. La fibrose cicatricielle est parfois présente et gênante dès cette étape de la dissection. Cette fibrose rend parfois difficile l'individualisation du muscle scalène antérieur.

L'opérateur doit retrouver ensuite le point de triple convergence entre bord antérieur du scalène, le nerf phrénique et la racine C5. Ce repérage topographique est l'élément décisif permettant de « sécuriser » la suite de la dissection. Le nerf phrénique est ainsi retrouvé croisant de dehors en dedans le bord antérieur du muscle scalène antérieur. La stimulation per-opératoire permet de confirmer qu'il s'agit bien de lui, l'opérateur observant un mouvement de l'hémithorax, correspondant à la contraction de la coupole diaphragmatique. Ce nerf doit alors être disséqué sur une distance suffisante pour pouvoir être récliné. L'écarteur de l'aide saisit à cet effet conjointement le bord du scalène et le nerf phrénique. C'est à ce stade que la racine C5 est facilement retrouvée puisqu'elle émerge du défilé interscalénique exactement au niveau où le nerf phrénique croise le bord antérieur du scalène (point de triple convergence). Une fois cette racine retrouvée elle est mise sur lac après avoir été clivée du muscle scalène. Cette dissection est plus ou moins facile selon que le névrome remonte haut dans le défilé interscalénique.

Une fois C5 retrouvé, il est en général simple de disséquer les deux racines suivantes si elles n'ont pas été avulsées. C6 est trouvée par une dissection du contenu du défilé interscalénique, un peu plus distale et médiane que C5, convergent avec C5 pour former le premier tronc primaire. On peut alors récliner en dehors l'ensemble de ce premier tronc primaire (le plus souvent entièrement remplacé par le névrome cicatriciel) pour aider à la découverte de la racine C7. Cette racine est à son tour repérée, plus bas dans le défilé interscalénique. Elle est nettement moins verticale que les deux racines précédentes [34].

❖ **Abord trans-claviculaire :**

Dans tous les cas de paralysie complète, un abord trans et sous-claviculaire est nécessaire. Une des particularités de la paralysie obstétricale est l'absence de lésion isolée des racines basses. L'atteinte de C8 et D1 se rencontre donc exclusivement en association avec une lésion radiculaire proximale dans le cadre de ce qui est donc une paralysie complète. Dans ce type de situation, un abord sous-claviculaire et une ostéotomie de la clavicule sont nécessaires pour permettre une exploration complète. L'incision en L utilisée pour l'abord sus-claviculaire est prolongée d'une branche supplémentaire verticale le long du sillon delto-pectoral. Les insertions claviculaires du muscle grand pectoral sont sectionnées et la clavicule est exposée en prenant soin de respecter le périoste. Ce feuillet périosté est incisé selon un trajet oblique puis ruginé. L'ostéosynthèse est préparée par la réalisation de deux trajets antéro-postérieur à la mèche, destinés à permettre le passage de deux cerclages au fil d'acier. Une fois ces perforations réalisées, l'ostéotomie de la clavicule elle-même est réalisée, à la scie oscillante, selon un long biseau oblique, planifiée de telle façon que le biseau passe « à travers » ces deux trous de mèche. Une fois cette ostéotomie réalisée, et après avoir sectionné aux ciseaux mousses quelques fibres résiduelles du muscle sous clavier, il devient possible d'écarter les deux fragments de la clavicule, en jouant sur la mobilité des articulations sterno-claviculaire et acromio-claviculaire. Un écarteur autostatique est mis en place, prenant appui sur chacun des deux fragments claviculaires.

La ligne d'incision suit le creux du sillon delto-pectoral, qui est ouvert. La veine céphalique est repérée, réclinée dans la berge médiale de l'incision. On écarte alors le grand pectoral du deltoïde. Cette exposition nécessite d'inciser les insertions claviculaires du muscle grand pectoral. Il n'est en revanche pas nécessaire habituellement de sectionner le tendon d'insertion terminal huméral du grand pectoral. Une fois cet espace ouvert, il devient plus facile d'exposer les racines distales C8 et D1. Cette exposition nécessite d'aller

sectionner l'insertion basse du muscle scalène antérieur si l'on veut pouvoir la poursuivre en proximal vers le trou de conjugaison. Il est recommandé d'isoler sur lac au préalable l'artère sous-clavière pour la protéger. L'opérateur doit enfin garder à l'esprit la proximité du dôme pleural. La racine C8 a une disposition transversale, horizontale tandis que D1, semble souvent légèrement ascendante pour venir franchir le relief de la première côte avant de s'engager dans le défilé costo-claviculaire. Le même abord peut aussi servir pour la dissection des troncs secondaires et des branches terminales du plexus brachial si nécessaire parfois, il faudra alors réaliser la désinsertion du petit pectoral de l'apophyse coracoïde pour permettre un abord exhaustif [34].

III.2 Greffe nerveuse :

Le principe du traitement chirurgical est de réséquer le névrome témoignant de la cicatrisation des racines rompues et de le remplacer par une greffe nerveuse. Le nerf donneur utilisé est le nerf saphène externe. Les greffes nerveuses sont disposées en « câble », de trois torons en moyenne, et anastomosées à l'extrémité des racines proximales et distales par suture et/ou collage (colle biologique). Cependant, la quantité de nerfs donneurs est limitée et représente donc un facteur limitant la reconstruction nerveuse. Actuellement, les racines avulsées ne peuvent pas être greffées à leur extrémité proximale médullaire.

La planification opératoire est standardisée :

Premier temps : l'exploration des différentes lésions du plexus représente l'étape initiale en pratiquant une voie sus-claviculaire lorsque seules les racines supérieures (C5 à C7) sont atteintes, et sus et sous-claviculaire lorsque les racines inférieures (C8-T1) sont concernées. Lorsque le névrome s'étend vers les troncs secondaires, une ostéotomie de la clavicule est nécessaire. De même, la dissection des racines C8 et T1 du tronc primaire inférieur, lorsqu'une lésion existe, ne peut être faite qu'après section de la clavicule.

Deuxième temps : la résection du névrome (mixture de régénération nerveuse et de tissu cicatriciel formé au niveau du site de la lésion nerveuse) est une étape importante car la section nerveuse doit être réalisée en zone saine parfois difficile à évaluer. L'examen macro- et microscopique permet le plus souvent d'identifier une recoupe en zone cicatricielle d'une zone saine où les fascicules sont parfaitement individualisables. Les épreuves de stimulation directe sont difficiles à interpréter, les éléments nerveux étant très petits par rapport à l'extrémité du stimulateur. D'autres procédés permettent d'améliorer l'évaluation de cette zone : certains auteurs utilisent aussi du bleu de méthylène afin d'améliorer la visualisation des fascicules, l'étude histologique extemporanée et l'utilisation de potentiels évoqués somesthésiques couplés à une étude électromyographique [43].

Troisième temps : Les greffes nerveuses surales sont obtenues par une incision longitudinale, postérieure et médiane de la fosse poplitée à la malléole latérale. Normalement, 10 à 12 cm de nerf sural est obtenu en collier chez un bébé de 6 à 8 kg. En moyenne, la longueur de la greffe pour la reconstruction du plexus supra-claviculaire est de 2 à 3 cm chacun. L'orientation de la greffe est maintenue en plaçant un point dans l'extrémité distale du nerf sural avec un crayon de marquage. Les greffons peuvent être assemblés individuellement ou sous forme de câble en regroupant plusieurs segments de nerfs retenus avec de la colle de fibrine. Ces éléments peuvent être davantage organisés pour correspondre à la portion du plexus. Ceci est plus simple dans une surface distincte, puis transféré comme unité au patient où les extrémités distale et proximale sont collées ou suturées.

La répartition des greffes nerveuses doit être judicieuse afin de récupérer le maximum de fonction sans épuiser le capital nerveux. Lorsque les racines C5-C6 ou C5-C6-C7 sont rompues, les différents torons sont répartis sur le nerf supra-scapulaire (abduction et rotation externe de l'épaule), la racine externe du médian, le nerf musculocutané (flexion du coude)

et le tronc secondaire postérieur (extension du coude, poignet et doigts). Lorsque l'atteinte du plexus est totale, dans la majorité des cas, il s'agit d'une rupture C5-C6-C7 et d'une avulsion de C8 et T1 [44]. Si les racines rompues sont greffables, une reconstruction est possible. Si deux ou une seule racine sont greffables, alors la racine greffée ne peut se distribuer sur toutes les autres et le potentiel de reconstruction est alors limité à la partie antérieure du plexus, favorisant le plus possible la main, sans sous-estimer la stabilité de l'épaule et la flexion du coude.

III.3 Neurotisation :

**4 neurotisations spino-suprascapulaires destinées à la réanimation de l'abduction/rotation externe de l'épaule ont été réalisées :*

La technique opératoire utilisée consistait généralement en une voie d'abord supraclaviculaire antérieure du plexus brachial suivant le bord postérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien puis la clavicule. L'insertion claviculaire du muscle trapèze est respectée, puis la branche externe du nerf accessoire est repérée avec l'aide du stimulateur, ainsi que le nerf phrénique, et les racines du plexus brachial supérieur. Le nerf suprascapulaire est repéré par son origine ou par palpation à son entrée dans l'incisure supra-scapulaire, puis disséqué a retro. Le nerf accessoire est sectionné le plus bas possible après avoir préservé une branche pour le faisceau supérieur du muscle trapèze. Cette voie d'abord ne permet pas la vérification autre que palpatoire de l'intégrité du nerf suprascapulaire dans l'incisure suprascapulaire. La suture est assurée par points non résorbables, complétés par de la colle biologique. En cas de tension, une greffe surale est interposée.

**4 neurotisations intercosto-musculocutanées destinées à la restauration de la flexion et supination du coude ont été réalisées :*

La technique opératoire utilisée débutait par une incision en regard du canal brachial, prolongée le long du bord latéral puis inférieur du muscle grand pectoral. La branche motrice du nerf musculocutané est repérée, puis les 3^o, 4^o et 5^o nerfs intercostaux sont disséqués dans l'espace intercostal. Les trois nerfs intercostaux prélevés sont solidarisés par de la colle biologique, puis recoupsés. Ils sont anastomosés directement à la branche motrice du nerf musculo-cutané sans règle particulière, par points complétés par de la colle biologique [45].

**2 neurotisations ulno-bicipitales (ou intervention d'Oberlin [46]) destinées à la restauration de la flexion et supination du coude ont été effectuées :*

Cette technique utilisable uniquement pour les paralysies supérieures (C5C6 ou C5C6C7) consiste à prélever un faisceau moteur du nerf ulnaire au bras dans le canal brachial pour l'anastomoser sur la branche motrice du biceps voisin. Le muscle donneur est généralement le muscle fléchisseur ulnaire du carpe [47].

**3 neurotisations du nerf médian sur le brachialis destinées à la restauration de la flexion des doigts et du poignet, ainsi que l'extension du poignet et des doigts ont été effectuées :*

En prolongeant la dissection du nerf musculocutané en aval du pédicule vasculaire pour le biceps, deux fascicules sont individualisés. Classiquement, le fascicule médial est le fascicule sensitif pour la face antérolatérale de l'avant-bras et le fascicule latéral est le fascicule moteur pour le brachialis. Pour affirmer cette répartition, il est conseillé d'isoler par une courte contre-incision au niveau de la gouttière bicipitale latérale, la branche sensitive cutanée latérale de l'avant-bras. Ainsi, par de légères manœuvres de traction distale, on peut facilement individualiser la branche motrice pour le brachialis en amont au niveau du bras. Après section proximale de cette branche, le nerf médian est disséqué,

l'épinièvre antérieur incisé. Il faut alors sous microscope individualiser un fascicule moteur de taille équivalente au nerf receveur. Il est alors sectionné et une suture nerveuse termino-terminale peut être réalisée.

**2 neurotisations de racines controlatérales de C7 ont été effectuées :*

La première étape a consisté en la mise en évidence de la racine C7 du côté que nous considérons comme sain, formation du tunnel pré-sternal, la préparation du greffon.

Mis en évidence du nerf musculo-cutané et le faisceau postérieur sur le membre que nous considérons comme atteint.

Le nerf ulnaire, le nerf musculo-cutané et le faisceau postérieur ont été isolés sur le même membre alors que la racine C7 est isolée sur le membre controlatéral.

Incision de la partie proximale du nerf ulnaire au niveau du faisceau antéro-interne. Puis, incision du nerf longitudinalement en deux au niveau de sa partie distale sur quelques centimètres afin d'être branché à la fois sur le nerf musculo-cutané et à la fois sur le faisceau postérieur.

La première étape de la greffe a été effectuée entre la partie distale du nerf ulnaire et la partie proximale du nerf musculo-cutané et du faisceau postérieur. Le nerf ulnaire a ensuite été passé sous la clavicule après avoir réalisé un passage, puis sous le muscle omo-hyoïdien qui a été préalablement disséqué. Le nerf ulnaire a été passé au niveau du tunnel pré-sternal.

La deuxième étape de la greffe, entre la partie proximale du nerf ulnaire et la racine C7 controlatérale.

Il est important de repérer et de préserver l'artère carotide interne, la veine jugulaire interne ainsi que le nerf vague afin que ces trois éléments ne soient pas lésés lors du passage du nerf.

III.4 Suture :

Il existe trois types de suture :

- la suture épi-périneurale, qui représente un bon compromis entre les deux autres techniques.
- La suture fasciculaire qui semble représenter l'idéal de suture, elle est non seulement plus difficile à réaliser, mais elle fige définitivement une éventuelle mauvaise orientation des fascicules.
- La technique de suture qu'on utilise est la suture épineurale.

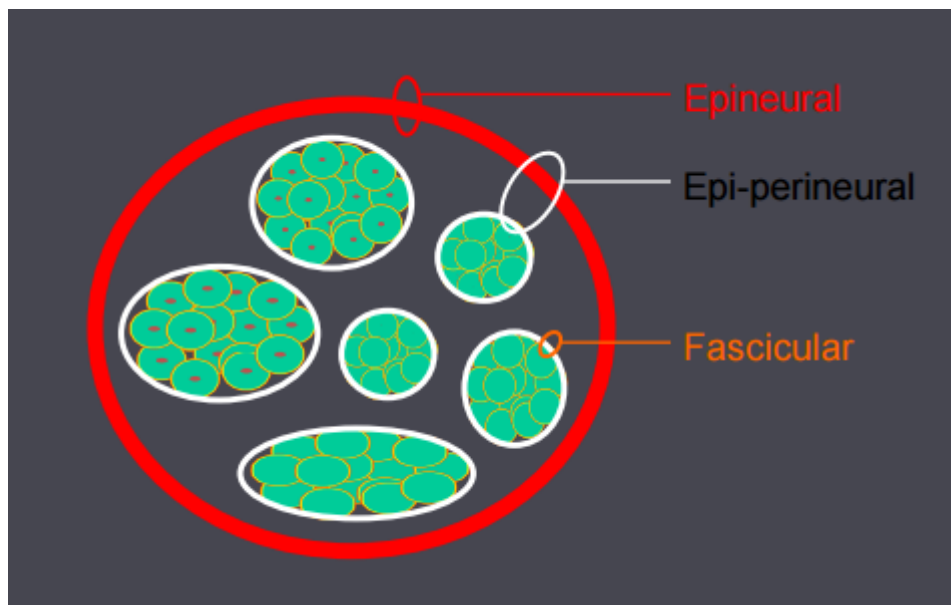


Figure 25 : schéma représentatif des différentes zones de sutures nerveuses [48].

Les principaux défauts de suture :

- Le phénomène de décalage est inhérent aux sutures épineurales ou épi-périneurales.
- Le phénomène de courbure est lié à un serrage excessif des sutures. Celles-ci doivent simplement affronter les berges nerveuses.
- La présence d'un espace mort se rencontre surtout avec les sutures épineurales [48].

III.4.1 fil :

La coaptation est complétée par une seule microsuture de nylon 9-0 ou 10-0.

La suture conventionnelle consiste en un passage de l'aiguille doublement à travers la racine et le greffon épineuronal dans des lancers indépendants, efficace comparativement à la fixation du greffon à l'aiguille gardé en cette position après son semi passage à travers la partie proximale de la racine épineuronale [49].

III.4.2 Colle biologique:

On sait que la combinaison de cryoprécipité de thrombine et de calcium entraîne la formation d'une substance qui peut être utilisée comme agent étanche ou adhésif. Les proportions habituelles exigent une unité de cryoprécipité, 10 000 unités de thrombine et 5 ml de chlorure de calcium 10 %.

Le cryoprécipité ne contient pas de globules rouges ou blancs, il contient des anticorps et certains facteurs de coagulation. Une unité contient au minimum 150 unités de fibrinogène et 80 unités de facteur VIII (Florida Hospital 1999), il est obtenu à partir du sang groupé et doit être adapté avec le récepteur. Les propriétés d'étanchéité ou d'adhésion résultent lorsque le fibrinogène est converti en une matrice de fibrine insoluble. La

thrombine, le calcium et le facteur VIII catalysent cette réaction (Malessy et al 1999). Les adhésifs et les combines d'étanchéités disponibles sur le marché comprennent les mêmes éléments (fibrinogène, thrombine et calcium) à des concentrations plus élevées et à des proportions plus précises. Il en résulte des propriétés inimaginables (élasticité, résistance à la traction et adhésivité). De plus, certains produits contiennent une substance appelée aprotinine, qui retarde le processus de fibrinolyse, prolongeant la propriété adhésive. Pendant la chirurgie du plexus, le tissu adhésif est utilisé lors du collage de plusieurs greffons ensemble pour former un tronc de nerf polyfasciculaire, qui est ensuite utilisé pour combler l'espace du plexus créé en réséquant le névrome. Certains chirurgiens sont fiables sur cet adhésif pour maintenir la connexion de bout en bout. D'autres préfèrent une combinaison de suture et d'adhésif de fibrine. Il a été démontré que la présence de cette matrice de fibrine ne représente pas une barrière et n'interfère pas avec le passage des axones régénérants (Romano et al. 1991, Palazzi et al 1995) [49]. Nous préférons la colle de fibrine comme moyen de suture mais le choix dépend de sa disponibilité.



I. PRESENTATION DE LA SERIE :

I.1 Données épidémiologiques:

I.1.1 Age de diagnostic :

Pour une analyse des résultats en fonction de l'âge, nous avons réparti l'effectif en 4 tranches d'âge (Figure 26).

- Patients âgés de 1 à 3 mois : 17 cas.
- Patients âgés de 4 à 6 mois : 6 cas.
- Patients âgés de 7 à 12 mois : 2 cas.
- Patients âgés de plus de 12 mois : 1 cas.

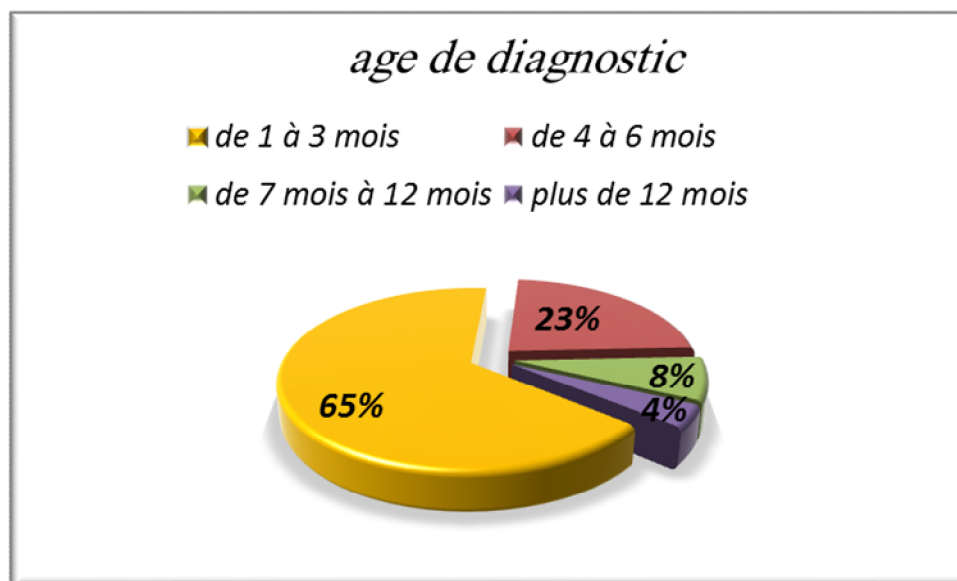


Figure 26 : Répartition des patients en groupes d'âges.

I.1.2 Sexe du patient :

La série a comporté 15 filles (58%) et 11 garçons (42 %).

Le sex-ratio était de 0,7 en faveur du sexe féminin.

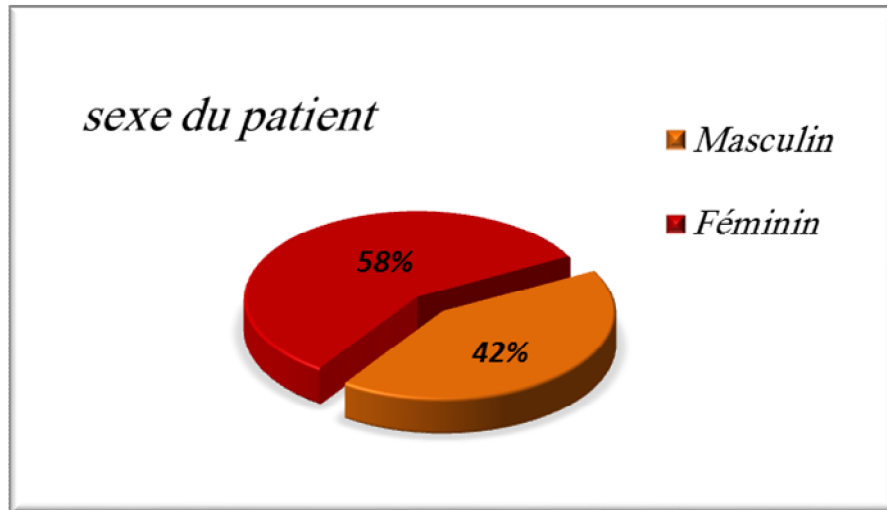


Figure 27 : Répartition des patients selon le sexe.

I.2 Données obstétricales :

Nous avons inclus 26 dossiers exploitables d'enfants présentant une paralysie obstétricale du plexus brachial, il s'agissait d'enfants nés, par voie basse dans 79 % des cas, dans les 21% restant la voie d'accouchement n'a pas été précisée.

Les présentations lors de l'accouchement étaient céphaliques dans 65,4 %, les présentations de siège 19,2 %.

Les accouchements ont été réalisés à 46 % dans des Centres Hospitaliers Universitaires.

Le poids de naissance était plus de 4 kg dans 57,1 % des cas avec des extrêmes de (2,850- 5,200 kg).

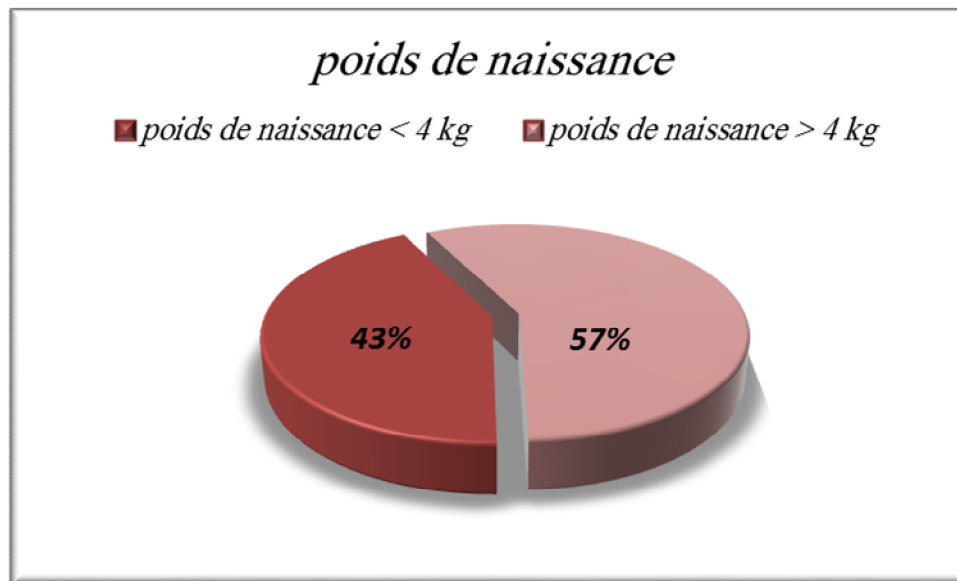


Figure 28 : Répartition des patients selon le poids de naissance.

I. 3 Coté atteint :

18 patients (69%) avaient une atteinte du côté droit, alors que 8 patients (31%) avaient une atteinte du côté gauche (figure 29).

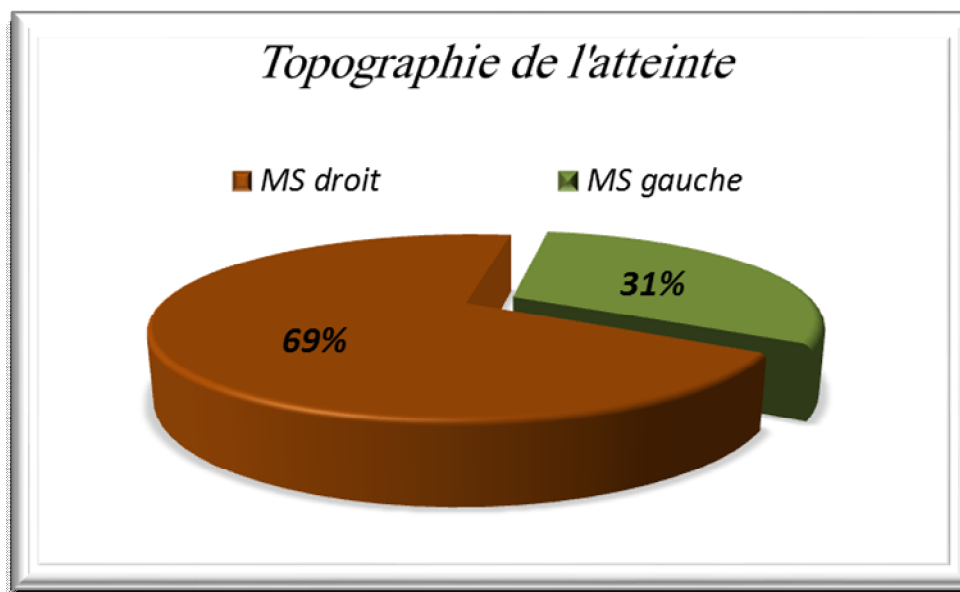


Figure 29 : Répartition des patients selon le côté atteint.

I.4 Type des lésions neurologiques :

Le type de la paralysie obstétricale est classé en fonction du nombre de racines atteintes (Figure 30), on a retrouvé que :

- 4 enfants présentaient une paralysie (C5-C6),
- 5 enfants présentaient une paralysie (C5-C6-C7),
- 17 enfants présentaient une paralysie (C5-C6-C7-C8-T1), dont 3 ont un syndrome de Claude-Bernard-Horner associé.

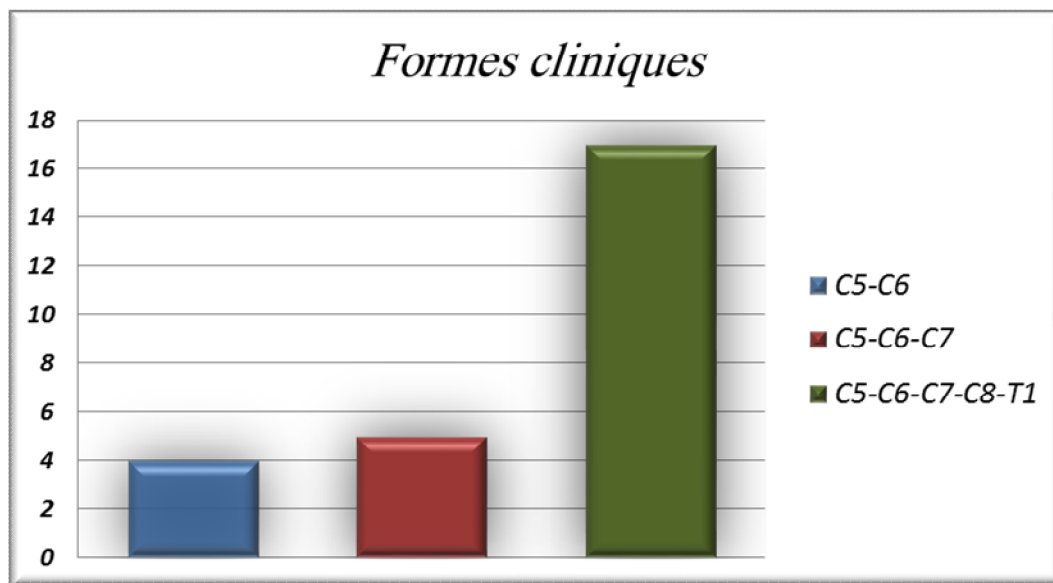


Figure 30 : Répartition des patients selon la forme de l'atteinte.

Les comptes-rendus opératoires n'ont pas permis de classer les lésions selon les classifications anatomopathologiques en vigueur, telles que les classifications de Seddon et de Sunderland [30].

I.5 Prise en charge chirurgicale :

I.5.1 Age de l'intervention :

Pour une analyse des résultats en fonction de l'âge d'intervention des patients, nous avons réparti l'effectif en 4 tranches d'âge (Figure 31).

- Patients opérés à un âge de 3 mois : 4 cas (15,4%).
- Patients opérés à un âge entre 4 à 6 mois : 13 cas (50%).
- Patients opérés à un âge entre 7 à 8 mois : 7 cas (26,9%).
- Patients opérés à un âge de plus de 12 mois : 2 cas (7,7%).

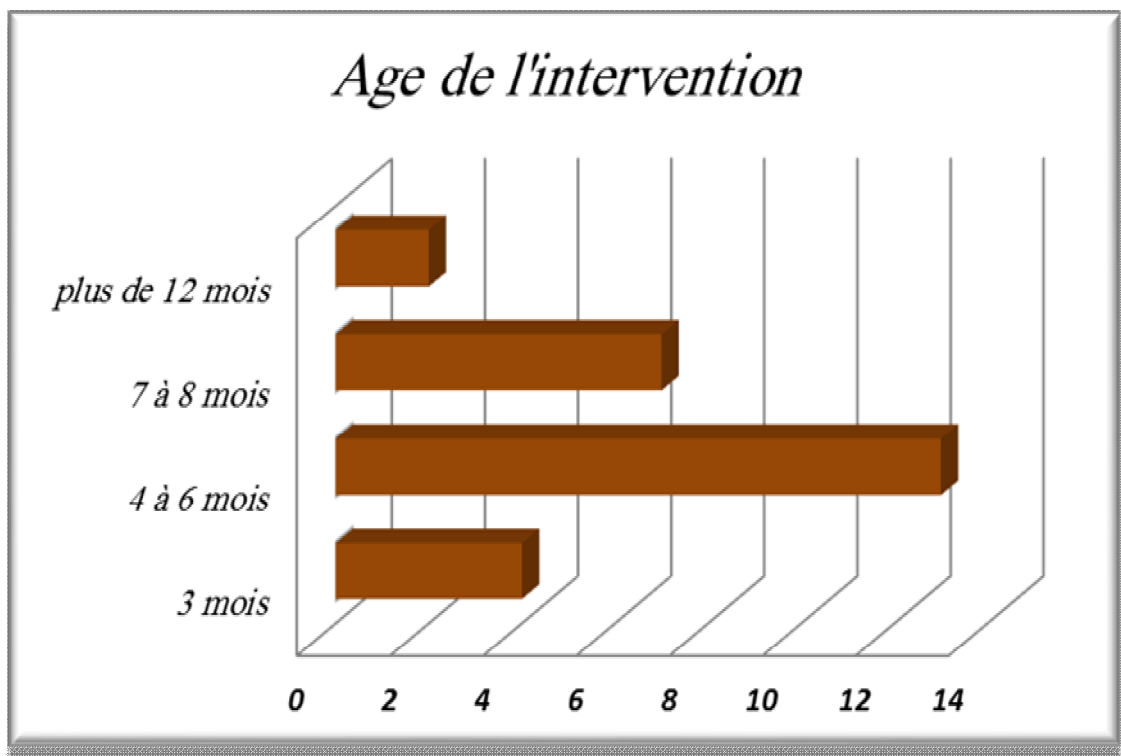


Figure 31 : Répartition des patients en fonction de l'âge d'intervention.

La moyenne de l'âge d'intervention de nos patients est de 7 mois et demi avec des extrêmes de 2 mois pour minimum et 22 mois maximum, et une moyenne de délai d'intervention de 3 mois et demi.

I.5.2 abord chirurgical:

Sur cette série de cas un abord chirurgical par voie sus-claviculaire isolée a été retrouvé chez 8 patients (21%), alors que la voie trans-claviculaire a été pratiquée chez 18 de ces patients (79%) (Figure 32).

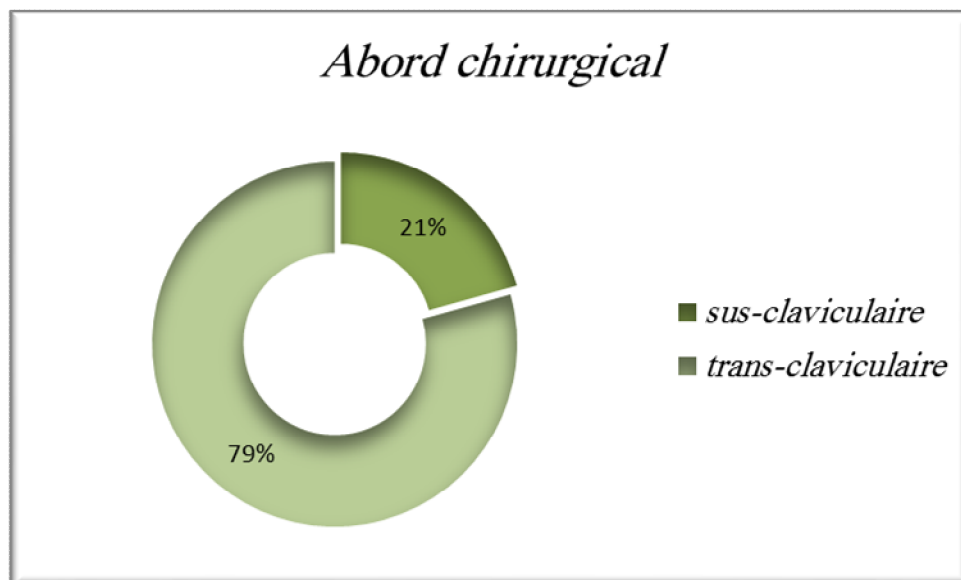


Figure 32 : Répartition des patients en fonction de la voie d'abord chirurgicale.

I.5.3 L'exploration chirurgicale du plexus brachial:

L'exploration chirurgicale du plexus brachial permet d'étudier de manière fiable la qualité des racines nerveuses.

a. corrélation entre forme clinique et exploration :

Tableau 8 : l'étude du rapport entre la forme clinique C5-C6 et l'exploration chirurgicale des racines C5 et C6.

		Forme clinique C5-C6			
		rupture	Arrachement	pale, vide	Total
Exploration	C5	0	3	1	4
	C6	0	3	1	4

Tableau 9 : l'étude du rapport entre la forme clinique C5-C7 et l'exploration chirurgicale des racines C5, C6 et C7.

		Forme clinique C5-C7			
		rupture	Arrachement	pale, vide	Total
Exploration	C5	2	3	0	5
	C6	1	4	0	5
	C7	0	5	0	5

Tableau 10 : l'étude du rapport entre la forme clinique C5-T1
et l'exploration chirurgicale des racines C5, C6, C7, C8 et T1.

		Forme clinique C5-T1			
		rupture	arrachement	pale, vide	Total
Exploration	C5	15	2	0	17
	C6	13	4	0	17
	C7	7	10	0	17
	C8	1	15	1	17
	T1	1	14	2	17

Dans la forme clinique C5-C6 : une prédominance de l'arrachement des racines C5, C6 à 75% (tous issus d'un accouchement par présentation siège).

Dans la forme clinique C5-C6-C7 : une prédominance de l'arrachement pour la racine C5 (60%), C6 (80%) et C7 (100%).

Dans la forme clinique C5-C6-C7-C8-T1 : la rupture est largement en avant pour la racine C5 (88,2%), prédominance de la rupture pour C6 (76,4%), l'arrachement pour C7 (58,8%), C8 (88,2%) et T1 (82,4%).

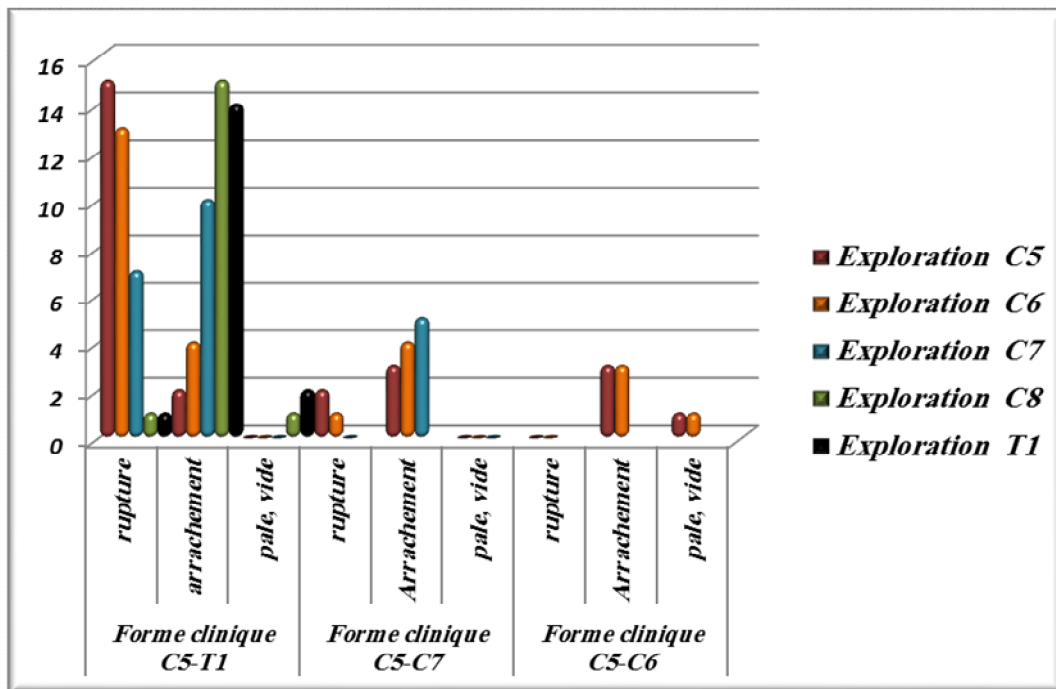


Figure 33 : l'exploration per-opératoire des racines du plexus brachial.

b. corrélation entre exploration et technique chirurgicale :

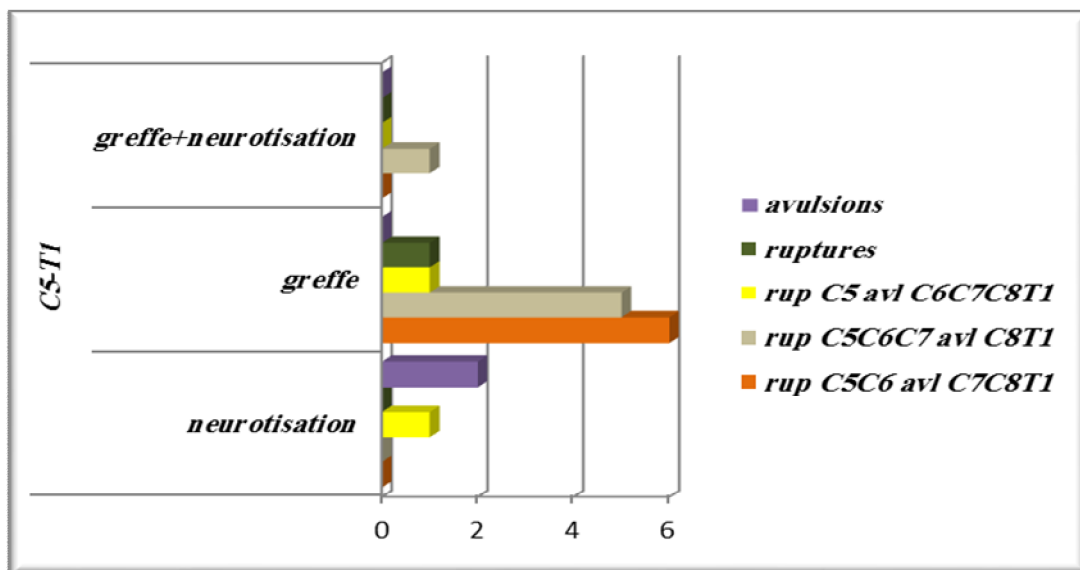


Figure 34 : corrélation entre l'exploration chirurgicale C5-T1 et les techniques utilisées.

(rup : rupture, avl : avulsion).

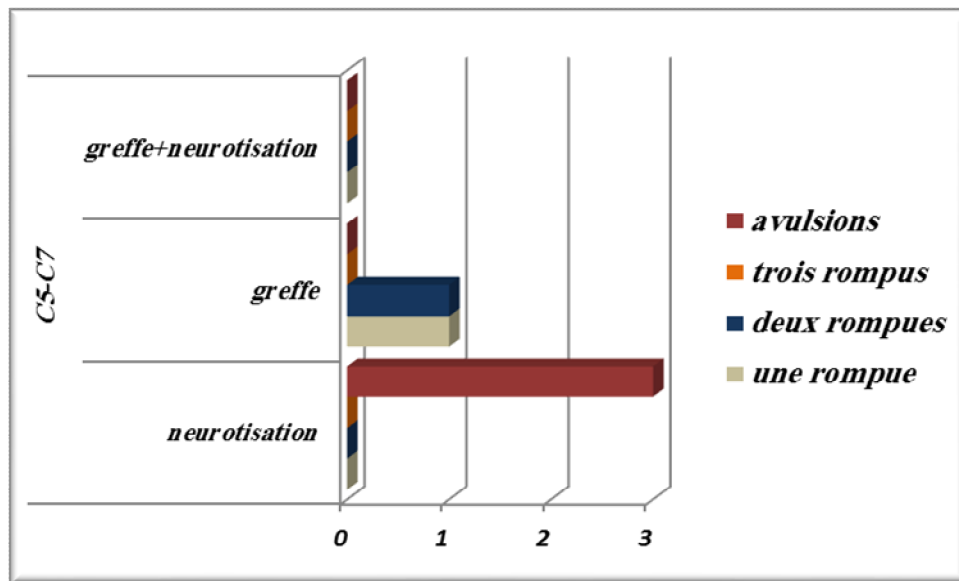


Figure 35 : corrélation entre l'exploration chirurgicale C5-C7 et les techniques utilisées.

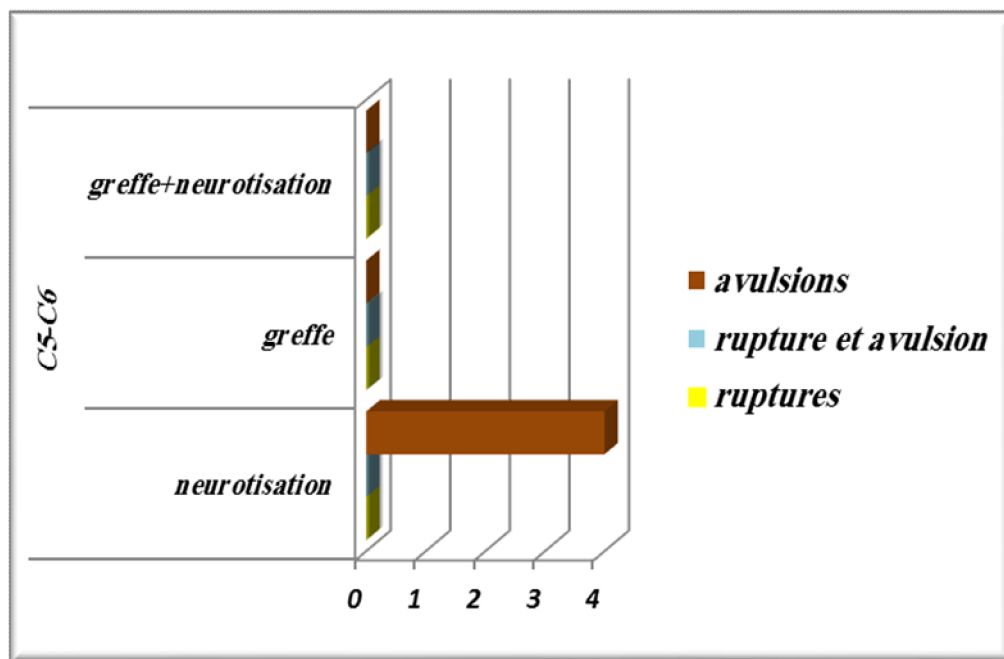


Figure 36 : corrélation entre l'exploration chirurgicale C5-C6 et les techniques utilisées.

En cas de paralysie du plexus brachial, on distingue les avulsions des racines de la moelle et les ruptures des nerfs au sein du plexus. En cas d'avulsion de la racine, celle-ci ne peut être utilisée car elle est arrachée de la moelle, et dans ce cas non greffable. En cas de rupture, la racine reste intacte, et la lésion est située en aval. Elle peut alors être utilisée théoriquement pour une greffe. Reste la situation mixte, où il existe des avulsions des racines et des racines continues. Le cas classique est le patient qui présente une paralysie totale du membre supérieur, avec rupture des racines supérieures (C5, C6) et des avulsions des racines inférieures (C7, C8, T1).

L'absence d'avulsion d'une racine ne préjuge pas de sa qualité. En effet, les racines adjacentes à la dernière racine avulsée sont parfois vides lors de leur exploration chirurgicale, ne permettant pas la réalisation de greffe.

Une programmation préopératoire peut être modifiée pendant l'intervention : en effet une racine non avulsée peut finalement être de mauvaise qualité lors de la recoupe (pas ou peu de fascicules visibles), un nerf donneur pour un transfert peut avoir été lésé lors du traumatisme initial. Un changement de stratégie doit alors être envisagé en période per-opératoire afin d'optimiser la récupération du patient.

I.6 Chirurgie nerveuse :

I.6.1 Greffe nerveuse :

Sur cette série de 26 cas, 15 patients ont subis une greffe nerveuse. Le matériel utilisé comme greffon est le nerf saphène externe.

Forme C5-C6 : 0 cas.

Forme C5-C7 : 2 cas.

Forme C5-T1 : 13 cas.

Le nombre de torons utilisé est 87 (2 minimum-10 maximum) avec une moyenne de 6,2.

I.6.2 Neurotisation :

Sur cette série de 26 cas, 10 patients ont eu une neurotisation comme traitement chirurgical nerveux de leur paralysie obstétricale du plexus brachial.

Les neurotisations intraplexiques (Transfert fasciculaire du nerf médian pour le nerf du brachialis / Transfert fasciculaire du nerf ulnaire pour le nerf du biceps) : 6 cas.

Les neurotisations extraplexiques (Transfert du nerf spinal accessoire pour le nerf supra-scapulaire / Transfert des nerfs intercostaux pour le nerf musculo-cutané / Transfert de la racine controlatérale de C7) : 10 cas.

❖ Forme C5-C6 :

- Transfert fasciculaire du nerf médian pour le nerf du brachialis : 2 cas.
- Transfert fasciculaire du nerf ulnaire pour le nerf du biceps : 2 cas.
- Transfert du nerf spinal accessoire pour le nerf supra-scapulaire : 2 cas.

Transfert des nerfs intercostaux pour le nerf musculo-cutané : 1 cas.

❖ Forme C5-C7 :

- Transfert fasciculaire du nerf médian pour le nerf du brachialis : 1 cas.
- Transfert du nerf spinal accessoire pour le nerf supra-scapulaire : 1 cas.
- Transfert des nerfs intercostaux pour le nerf musculo-cutané : 1 cas.

❖ Forme C5-T1 :

- Transfert fasciculaire du nerf médian pour le nerf du brachialis : 1 cas.
- Transfert du nerf spinal accessoire pour le nerf supra-scapulaire : 1 cas.
- Transfert des nerfs intercostaux pour le nerf musculo-cutané : 2 cas.
- Transfert de la racine controlatérale de C7 : 2 cas.

La greffe nerveuse et la neurotisation ont été pratiqués au même temps opératoire sur un seul cas de la forme totale (patiente n° 9).

I.7 Recul:

Le recul moyen des patients a été de 7 ans et 5 mois, avec des extrêmes de 12 ans pour maximum et 2 ans pour minimum.

I.8 Résultats Fonctionnels :

I.8.1 analyse par forme clinique :

a. C5-C6 :

a.1 épaule :

Abduction de l'épaule : un patient sur 4 avait une fonction utile d'abduction de l'épaule.

Rotation externe de l'épaule : un patient sur 4 a récupéré la fonction de rotation externe de l'épaule (figure 37).

a.2 Flexion du coude :

Tous les patients ont récupérés la fonction de flexion du coude.

a.3 avant bras :

Pronation : pour tous les patients dont la fonction de pronation de l'avant bras a été évaluée les résultats étaient satisfaisants (non évaluée chez un patient).

Supination : pour tous les patients dont la fonction de supination de l'avant bras a été évaluée les résultats étaient satisfaisants (non évaluée chez un patient).

b. C5-C7 :

b.1 épaule :

Abduction de l'épaule : 4 patients sur 5 avaient une fonction utile d'abduction de l'épaule.

Rotation externe de l'épaule : 2 patients sur 5 ont récupérés la fonction de rotation externe de l'épaule (figure 37).

b.2 coude :

Flexion du coude : 3 patients sur 5 ont récupérés la fonction de flexion du coude.

Extension du coude : 4 patients sur 5 ont récupérés la fonction d'extension du coude.

b.3 avant bras :

Pronation : tous les patients ont eu des résultats satisfaisants.

Supination : pour tous les patients dont la fonction de supination de l'avant bras a été évaluée les résultats étaient satisfaisants (non évaluée chez deux patients).

b.4 extension du poignet :

4 patients sur 5 ont eu une extension fonctionnelle du poignet.

b.5 extension des doigts :

Tous les patients ont récupérés la fonction d'extension des doigts de la main.

c. C5-T1 :

c.1 épaule :

Abduction de l'épaule : 10 patients sur 17 avaient une fonction utile d'abduction de l'épaule.

Rotation externe de l'épaule : 7 patients sur 17 ont récupérés la fonction de rotation externe de l'épaule (figure 37).

c.2 coude :

Flexion du coude : 16 patients sur 17 ont récupérés la fonction de flexion du coude.

Extension du coude : 16 patients sur 17 ont récupérés la fonction d'extension du coude.

c.3 avant bras :

Pronation : pour tous les patients dont la fonction de pronation de l'avant bras a été évaluée les résultats étaient satisfaisants (non évaluée chez huit patients).

Supination : pour tous les patients dont la fonction de supination de l'avant bras a été évaluée les résultats étaient satisfaisants (non évaluée chez douze patients).

c.4 poignet :

Flexion : 15 patients sur 17 ont eu une flexion fonctionnelle du poignet.

Extension : 13 patients sur 17 ont eu une extension fonctionnelle du poignet.

c.5 main :

Préhension : 15 patients sur 17 ont eu une bonne préhension de la main.

Extension des doigts : 10 patients sur 17 ont récupérés la fonction d'extension des doigts de la main.

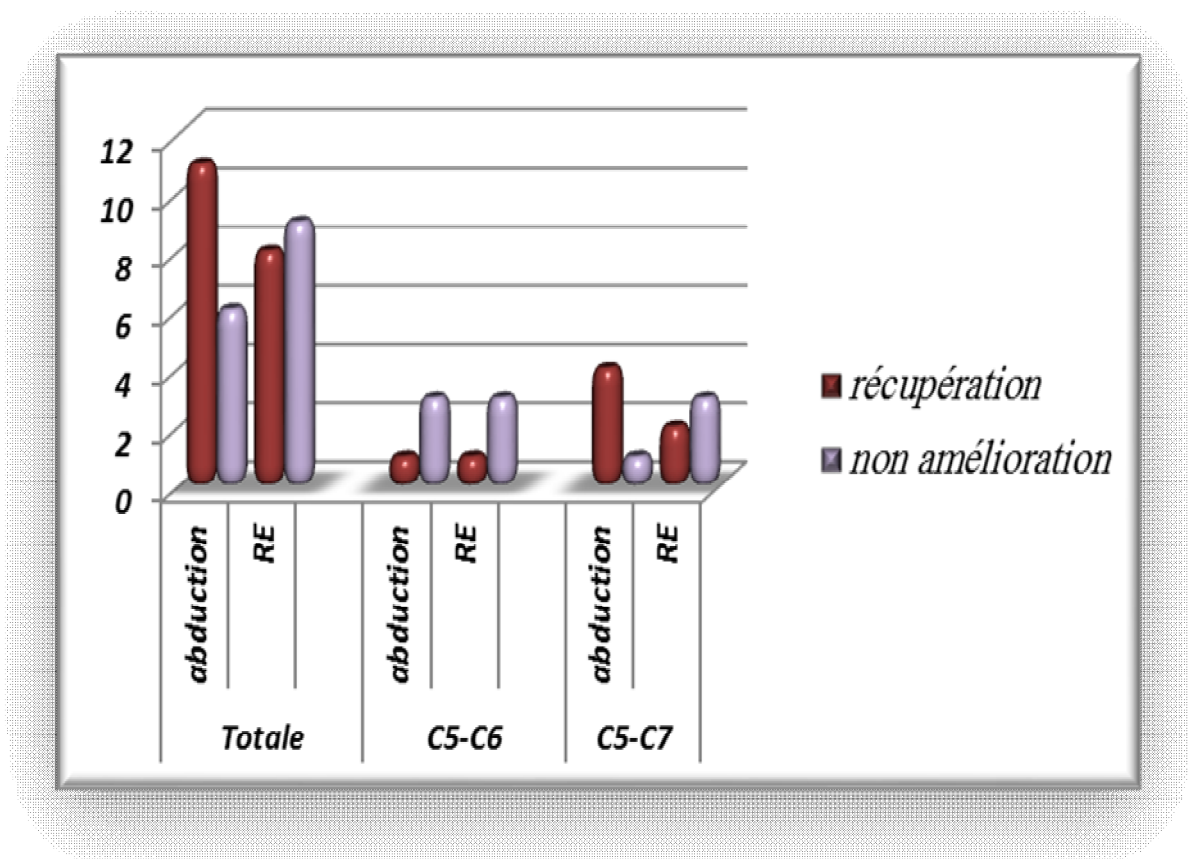


Figure 37 : évaluation de la fonction de l'épaule selon les formes cliniques.

(RE : rotation externe)

	<i>Nombre de cas</i>	<i>Abduction de l'épaule</i>	<i>Rotation externe de l'épaule</i>	<i>Flexion du coude</i>	<i>Extension du Coude</i>	<i>Supination</i>	<i>Pronation</i>	<i>Extension du poignet</i>	<i>Extension des doigts</i>	<i>Flexion du poignet</i>	<i>Flexion des doigts</i>
<i>C5- C6</i>	4	25%	25%	100%	—	75%*	75%*	—	—	—	—
<i>C5- C7</i>	5	80%	40%	60%	80%	60%*	100%	80%	100%	—	—
<i>C5- T1</i>	17	58,8%	41,1%	94,1%	94,1%	29,4%*	52,9%*	76,4%	58,8%	88,2%	88,2%

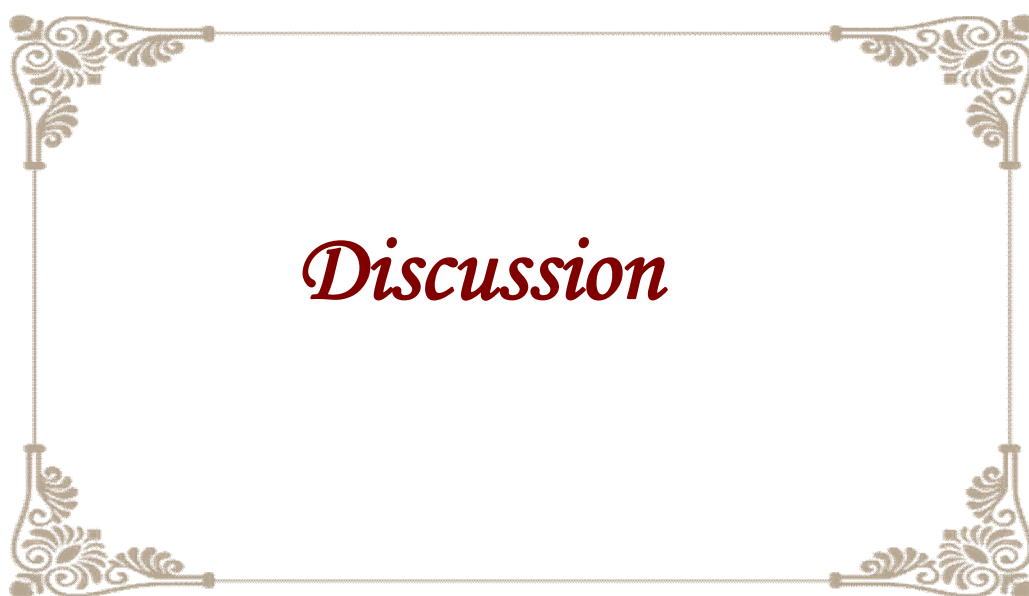
*pourcentage des données cliniques évaluées de la prono-supination.

Ps : « — » signifie que la racine correspondante n'est pas responsable de l'exécution de ce mouvement.

Tableau 11 : pourcentage de récupération de chaque fonction par rapport à la forme clinique.

Tableau 12 : Résumé des observations des patients.											
<i>Patient</i>	<i>Age</i>	<i>Sexe</i>	<i>Coté atteint</i>	<i>Forme</i>	<i>Age intervention</i>	<i>Abord</i>	<i>Exploration</i>	<i>Technique</i>	<i>Résultat</i>	<i>Recul</i>	<i>Traitement séquelles</i>
<i>Cas°1 : E.Y</i>	3 mois	F	G	C5-T1	6 mois	Trans-clav	C5-T1 : avulsions	Neurotisation	Bon	6 ans	-----
<i>Cas°2 : B.W</i>	4 mois	F	D	C5-C7	6 mois	Sus-clav	C5-C8 : avulsions	Neurotisation	Insuffisa-- nt	12ans	Transfert musculaire
<i>Cas°3 : K.M</i>	3 mois	M	D	C5-T1	1 an	Trans-clav	C5-C7 : ruptures C8-T1 : avulsions	Greffe	Moyen	10ans	Transfert musculaire+ ostéotomie de dérotation
<i>Cas°4 : A.K</i>	3 mois	F	D	C5-T1	4 mois	Trans-clav	C5-C7 : ruptures C8-T1 : avulsions	Greffe	Moyen	9 ans	-----
<i>Cas°5 : S.A</i>	7 mois	M	D	C5-C6	1 an	Sus-clav	C5-C6 : avulsion	Neurotisation	Bon	10ans	-----
<i>Cas°6 : Z.M</i>	3 mois	F	G	C5-T1	4 mois	Trans-clav	C5-T1 : avulsions	Neurotisation	Moyen	8 ans	Ténotomie sous scapulaire
<i>Cas°7 : B.K</i>	3 mois	F	D	C5-C7	10 mois	Trans-clav	C5-C7 : avulsions	Neurotisation	Bon	10ans	-----
<i>Cas° 8 : A.S</i>	3 mois	F	D	C5-T1	6 mois	Trans-clav	C5-C6 : rupture C7 : avulsion C8-T1 : vides	Greffe	Bon	2 ans	-----
<i>Cas°9 : L.K</i>	10 mois	F	D	C5-T1	2 ans	Trans-clav	C5-C7 : ruptures C8-T1 : avulsions	Neurotisation+ Greffe	Bon	2 ans	-----
<i>Cas°10 : E.K</i>	4 mois	F	G	C5-T1	5 mois	Trans-clav	C5-C6 : ruptures C7-T1 : avulsions	Greffe	Bon	3 ans	-----
<i>Cas°11 : B.A</i>	3 mois	M	D	C5-T1	6 mois	Trans-clav	C5-C7: ruptures C8-T1 : avulsions	Greffe	Moyen	10ans	Transfert musculaire+ ténodèse poignet
<i>Cas°12 : L.M</i>	3 mois	F	G	C5-C6	3 mois	Sus-clav	C5-C7 : avulsions	Neurotisation	Moyen	4 ans	-----
<i>Cas°13 : G.A</i>	2 mois	M	D	C5-T1	2 mois	Trans-clav	C5-T1 : ruptures	Greffe	Bon	4 ans	-----

Cas°14 : W.M	5 mois	M	D	C5-C7	8 mois	Sus-clav	C5-C7 : avulsions	neurotisation	Moyen	8 ans	-----
Cas°15 : H.L	1 mois	F	G	C5-T1	5 mois	Trans-clav	C5-C6 : ruptures C7-T1 : avulsions	Grefe	Bon	7 ans	-----
Cas°16 : A.A	2 mois	F	D	C5-T1	3 mois	Trans-clav	C5-C6 : ruptures C7-T1 : avulsions	Grefe	Bon	6 ans	-----
Cas°17 : C.A	3 mois	M	G	C5-C7	4 mois	Sus-clav	C5 : rupture C6-C7 : avulsions	Grefe	Bon	3 ans	-----
Cas°18 : N.Z	2 mois	M	D	C5-T1	5 mois	Trans-clav	C5-C6 : ruptures C7-T1 : Avulsions	Grefe	Bon	6 ans	-----
Cas°19 : M.Y	3 mois	M	G	C5-C6	7 mois	Sus-clav	C5-C7 : vides	Neurotisation	Bon	11ans	-----
Cas°20 : B.F	12 mois	F	D	C5-C6	22 mois	Sus-clav	C5-C7 : avulsions	Neurotisation	Moyen	8 ans	Mod Quad
Cas°21 : A.C	3 mois	M	D	C5-T1	4 mois	Trans-clav	C5-C7 : ruptures C8 : avulsion T1 : vide	Grefe	Bon	8 ans	-----
Cas°22 : S.H	17 jours	M	D	C5-T1	6 mois	Trans-clav	C5-C7 : ruptures C8-T1 : avulsions	Grefe	Insuffisa-- nt	11ans	Transfert musculaire
Cas°23 : E.H	6 mois	F	D	C5-T1	9 mois	Trans-clav	C5 : rupture C6-T1 : avulsions	Grefe	Moyen	9 ans	-----
Cas°24 : B.K	6 mois	F	G	C5-C7	6 mois	Sus-clav	C5-C6 : ruptures C7 : avulsion	Grefe	Bon	12ans	-----
Cas°25 : H.H	4 mois	F	D	C5-T1	10 mois	Trans-clav	C5 : rupture C6-T1 : avulsions	Neurotisation	Moyen	12ans	-----
Cas°26 : S.O	2 mois	M	D	C5-T1	3 mois	Sous-clav	C5-C6 : ruptures C7-T1 : avulsions	Grefe	Bon	4 ans	-----



La chirurgie du plexus brachial est techniquement difficile. L'analyse des résultats de sa reconstruction l'est encore plus. On est en effet confronté à une multiplicité des lésions anatomopathologiques, à une multiplicité des techniques de reconstruction, à des critères d'évaluation variables d'un auteur à l'autre et sur le plan statistique, les séries sont bien entendu non-contrôlées et les effectifs sont petits.

I. DONNEES DEMOGRAPHIQUES :

I.1 Age de diagnostic:

La moyenne d'âge de consultation dans notre série est de 4 mois et demi.

Une consultation assez en retard comparée à celle de Kouame [51] qui précise que l'âge moyen d'admission était de 20 +/- 9 jours.

Ce retard d'admission au sein de notre service reste un obstacle devant une prise en charge précoce qui conditionne le pronostic et le risque de séquelles.

I.2 Sexe du patient :

Dans notre série de cas, il existe une légère prédominance féminine à 58 %, avec un sexe ratio de 0,7 contrairement à la majorité des séries décrites dans la littérature [10], où il existe une atteinte légèrement prédominante chez les garçons à 51%.

II. DONNEES OBSTETRIQUES :

La POPB est une complication de l'accouchement et plus particulièrement de la période d'expulsion.

Certains facteurs sont significativement corrélés à la survenue d'une POPB :

-»*Des facteurs maternels* représentés par la primiparité en cas de présentation du sommet [52] et la prise pondérale importante durant la gestation : supérieure à 20 kg [53, 54].

-»*Des facteurs fœtaux* peuvent aussi être corrélés à la survenue d'une POPB.

Lorsqu'il y a eu une présentation du sommet, un poids de naissance supérieur à 4 kg est retrouvé chez plus de 40 % des enfants [55, 56, 54], plus que la moitié de nos patients avaient un poids de naissance supérieur à 4 kg (57%).

En cas de présentation par le siège, seule la prématurité est corrélée à la survenue d'une POPB [55, 57, 58].

Nos patients issus de la présentation céphalique étaient plus fréquents que ceux issus de la présentation siège, résultats concordants avec ceux de Kouame [51], et Gilbert [59].

-»*Enfin, des facteurs obstétricaux* lors du travail sont indiscutables dans toutes les publications : une dystocie des épaules est présente dans 80 à 90 % des cas, il existe un allongement de la durée de la phase de dilatation ainsi qu'un engagement tardif de la présentation fœtale [57, 56, 58, 54].

III. PROFIL CLINIQUE :

III.1 Coté atteint :

Selon la littérature, la POPB est 2 fois plus fréquente à droite qu'à gauche et rarement bilatérale [10]. Notre série confirme cette donnée, l'atteinte était dans 69% des cas droite, sans aucune atteinte bilatérale.

III.2 Forme de l'atteinte :

Notre étude montre que la forme clinique totale (C5-C6-C7-C8-T1) est la forme qui prédomine largement avec un pourcentage de 65,4 %, suivie de la forme (C5-C7) 19,2 % puis (C5-C6) avec 15,4 %.

Ces résultats ne concordent pas avec les études pratiquées par A. Gilbert qui stipule qu'un tiers de ces patients (37 %) présentaient une paralysie totale alors que les deux tiers restant avaient une paralysie limitée aux racines supérieures (C5-C6 : 42%, C5-C6-C7 : 21%) [2].

Ceci s'explique par la sélection préalable de la forme clinique totale (C5-C6-C7-C8-T1) pour une chirurgie nerveuse au dépend de la forme clinique haute vu l'importance de l'atteinte fonctionnelle et la bonne récupération postopératoire, alors que les formes hautes on les réserve pour une chirurgie des séquelles.

IV. EXAMENS COMPLEMENTAIRES:

L'étude électromyographique :

L'électromyographie sert à enregistrer l'activité électrique des fibres motrices et à détecter les signes de réinnervation. Elle reste une procédure difficile et douloureuse, nécessitant des électrodes à aiguilles. La précision diagnostique pour les avulsions des racines est de 80% [60]. L'utilisation continue de l'électromyographie est soutenue par de nombreux auteurs [61]. La performance des études électromyographiques en série dans les 48 heures de la période immédiatement après la naissance a été suggérée comme moyen de distinguer les causes prénatales et obstétricales de la paralysie du plexus brachial [62], ce qui contribue à découvrir l'étiologie, qui a d'importantes implications médicales. Si on le réalise plus tard, en particulier au niveau de la dénervation, l'électromyographie offre une promesse comme un prédicteur de résultat plus précis et plus précoce que l'examen clinique seul [63].

La présence de la conduction nerveuse sensorielle normale en l'absence de conduction nerveuse motrice est le diagnostic de l'avulsion radiculaire. En outre, l'absence de réinnervation à 3 mois est révélatrice d'une avulsion. Malheureusement, la présence d'activité motrice dans un muscle n'a pas été un marqueur précis d'un niveau acceptable de récupération motrice dans ce même muscle. La preuve électromyographique de la réinnervation peut parfois confondre le tableau clinique [64] Il faut tenir compte du chronométrage des tests d'électrodiagnostic, car la réinnervation peut durer de plusieurs semaines à plusieurs mois. Ainsi, des études neurophysiologiques réalisées dans les 3 premières semaines suivant la lésion peuvent sous-estimer la gravité des dégâts des nerfs et offrir l'optimisme à l'égard de la récupération [65, 66].

Les valeurs de l'EMG chez les nourrissons dans les études d'électrodiagnostic différentes par rapport aux valeurs des adultes et requièrent une interprétation spécialisée. Leur application pratique est controversée et beaucoup ont estimé qu'elles sont trop optimistes pour prédire la récupération fonctionnelle et doivent donc être interprétées avec prudence à côté des résultats cliniques [67].

L'étude de la POPB dans notre série n'a pas réellement bénéficiée d'une exploration paraclinique par EMG ceci peut être justifié par le problème d'interprétation spécialisée au sein de notre structure hospitalière.

L'étude radiologique :

-Les examens radiologiques sont utiles pour établir le diagnostic, détecter les complications et l'étendu de la lésion de la POPB.

La radiographie du thorax et celle du membre supérieur révèlent des fractures associées et paralysies diaphragmatiques en rapport avec une atteinte du nerf phrénique (aucune des complications sus-citées n'ont été mentionnés chez nos malades). Ce sont les examens paracliniques qui prédominent le plus les investigations de notre série.

-Parmi les techniques d'imagerie, la myélographie a été complétée et standardisée sous forme de tomographie métagraphique depuis le milieu des années 90. Un inconvénient important est que, contrairement à l'imagerie par résonance magnétique, la technique nécessite une anesthésie générale.

-L'IRM est devenue une modalité plus souhaitable pour évaluer les nourrissons et les jeunes enfants, et dans de nombreux cas, elle a remplacé la myélographie. Il existe un soutien considérable pour l'utilisation de l'IRM pour la visualisation directe de la moelle épinière et du plexus brachial, elle permet une évaluation extraforaminale du plexus, et il a été démontré plus récemment que la technologie spécifique d'IRM a autant de succès dans la détermination de l'avulsion des racines nerveuses que la myélographie [68, 69]. L'IRM

évite à la fois l'anesthésie générale et l'exposition aux rayons, et une approche beaucoup moins invasive que la myélographie, sans les risques associés à la ponction lombaire ou aux effets indésirables possibles du contraste. Au total, ces caractéristiques ont rendu l'IRM instantanément attrayante [68, 70, 66].

Le coût trop élevé de l'IRM qui est prescrite mais non réalisée chez la plus part de nos malades a rendu l'exploration per-opératoire le moyen le plus fiable dans notre service pour l'identification des lésions plexiques.

V. TRAITEMENT CHIRURGICAL NERVEUX :

V.1 Age d'intervention:

Le délai d'intervention moyen est de 3 mois et demi, avec un âge d'intervention qui prédomine entre 4 à 6 mois. Cette moyenne reste controversée vu que la plupart des équipes considèrent que l'absence de récupération du biceps à l'âge de 3 mois doit entraîner une exploration chirurgicale et la réparation du plexus, alors que certaines équipes canadiennes (Clarke et Curtis, 1995) ou américaines (Grossman, 2000) préfèrent attendre le 6^{ème} mois, estimant que quelques cas pourraient récupérer spontanément [38].

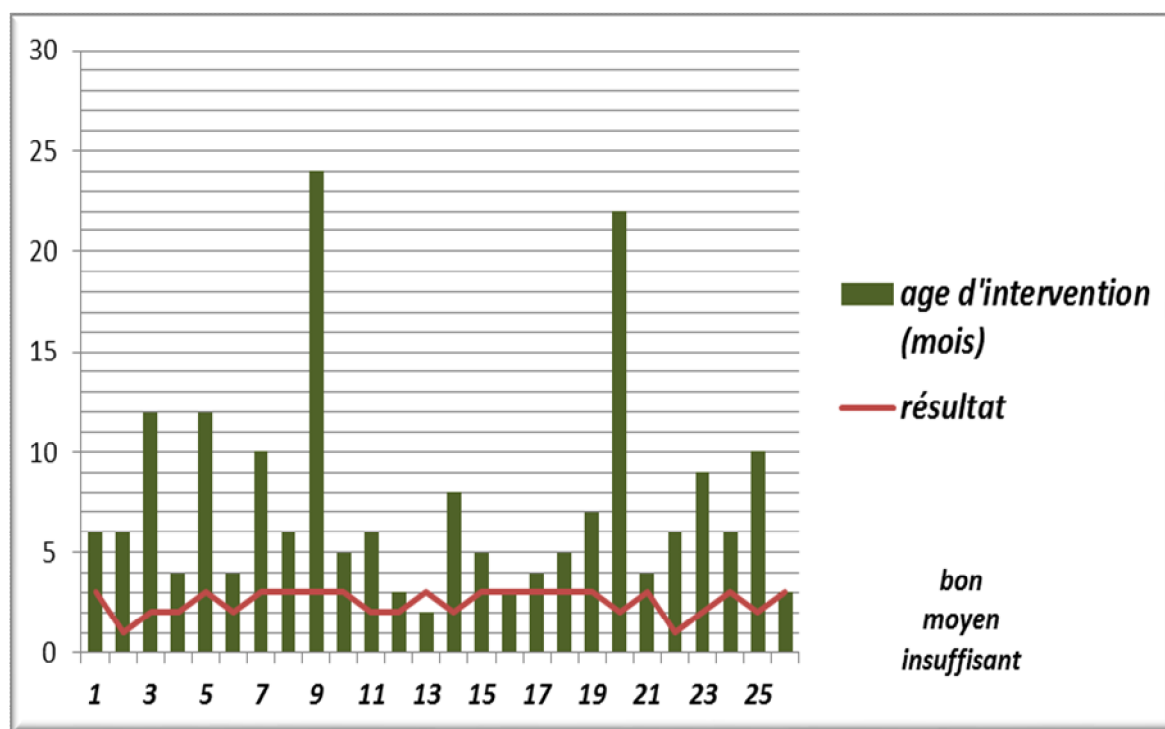


Figure 38 : corrélation entre l'âge d'intervention des patients et le résultat fonctionnel.

65% de nos patients ont été opérés avant l'âge de 6 mois.

Chez ces patients dont l'abord chirurgical du plexus a été pratiqué précocement, on a eu de bons résultats à 64,7% comparativement aux patients dont l'abord chirurgical a été pratiqué après l'âge de 6 mois, les résultats étaient bons à 44,4%. Ceci corrobore les propos de Gilbert [38] de l'intérêt d'un abord précoce du plexus mais dont l'âge idéal pour prendre cette décision reste jusque là sans consensus exacte.

V.2 Abord chirurgical :

L'abord est pratiqué au niveau du cou, avec une prédominance de la voie trans-claviculaire (79%).

Tableau 13 : Corrélations entre la forme clinique de l'atteinte et l'abord chirurgical

	formes cliniques	abord chirurgical
Pearson Correlation	1	,895**
formes cliniques Sig. (2-tailed)		,000
N	26	26
Pearson Correlation	,895**	1
abord chirurgical Sig. (2-tailed)	,000	
N	26	26

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

L'étude des coefficients de corrélation montre une association statistique forte entre la forme clinique de l'atteinte et l'abord chirurgical ($p < 0,05$) (figure 39). (n: 26, r : 0,895, p: 0)

Les résultats de la littérature (MC Romana [10], A. Gilbert [38]) précisent que l'abord sus-claviculaire isolé se fait pour la réparation des racines C5 et C6 (ou C7), et le trans-claviculaire est réservé après section de la clavicule aux paralysies totales. La clavicule sera simplement suturée en fin d'intervention.

Dans notre série la forme qui prédomine est la forme totale (C5-C6-C7-C8-T1) ce qui explique la prédominance de l'abord chirurgical trans-claviculaire.

V.3 Chirurgie nerveuse :

V.3.1 Indication de la chirurgie nerveuse :

L'enjeu de la période initiale est donc de déterminer avec précision la probabilité de récupération spontanée correspondant à la neurapraxie de certaines racines. Une attitude consiste à attendre la réapparition de signes de récupération dans les territoires déficitaires. Cette attitude plus simple et prudente, nécessite d'attendre longtemps [71].

Concernant ce problème du délai opératoire, Kline rappelle que l'on doit distinguer plusieurs situations.

-La première concerne les patients présentant une paralysie du plexus supérieur C5-C6, car il note que 40% d'entre eux récupèrent spontanément et de façon évidente dans les 3 premiers mois [72]. Cette récupération peut même éventuellement survenir avec la preuve d'une racine avulsée (peut-être en raison de la participation occasionnelle de C4 au tronc supérieur). Il indique que les paralysies initiales C5-C6-C7 ne récupèrent spontanément que dans 15% des cas. Il relève également quelques cas de récupération malgré la constatation d'une avulsion radiculaire. Il conseille donc d'attendre 3 mois pour ces catégories de patients.

-Pour les patients présentant une lésion panplexique, la situation est toute différente: Il ne retrouve que 4 à 5% de récupération spontanée fonctionnelle dans ce type de situation. Il plaide donc pour une chirurgie précoce pour ce type de présentation.

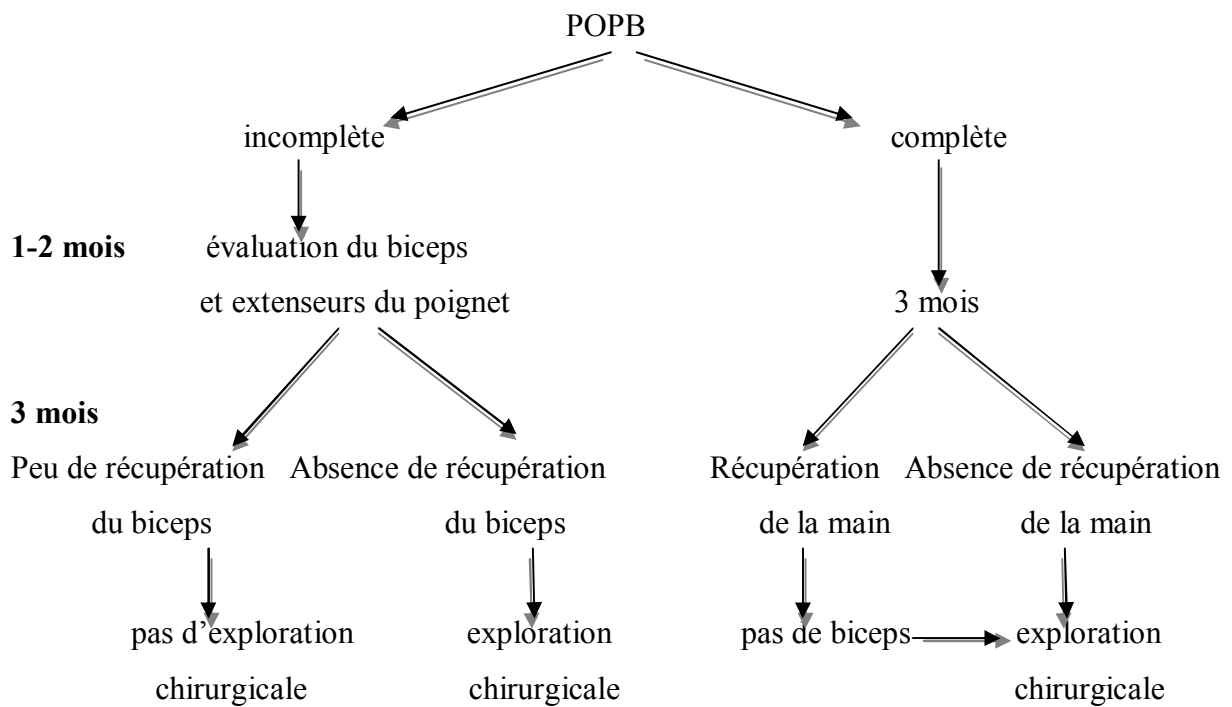
Dans sa thèse, Tassin [73] a examiné les dossiers de 44 enfants qui n'étaient pas opérés. Ses résultats comprenaient ce qui suit:

1. Lorsque le biceps et le deltoïde ont commencé leur récupération avant l'âge de 2 mois, le résultat était une épaule normale ou presque normale;
2. Lorsque le biceps ou le deltoïde ont commencé leur récupération avant le troisième mois, le résultat final était bon;
3. Lorsque le biceps et le deltoïde ont commencé leur récupération après l'âge de 3 mois, le résultat final était moyen ou médiocre.

La question du délai est toujours en débat malgré l'expérience accumulée.

- En faveur d'une chirurgie précoce, on trouve Narakas qui précise que plus le délai s'allonge moins bons sont les résultats [17].
- Terzis confirme que la récupération chute au-delà de 6 mois de délai opératoire, en particulier pour la récupération du coude. Elle précise que l'obtention d'une main fonctionnelle n'est quasi pas possible au-delà de 6 mois de délai [74].
- Sedel a montré que la chirurgie pratiquée pouvait être pratiquée avant ou après 4 mois sans conséquence. Au delà de 9 mois, il signale des baisses de résultats [75].

Selon Gilbert le critère opératoire est l'absence de récupération du coude pour la forme haute et de la main pour la forme totale à 3 mois. Lorsque l'indication manque ce délai, une récupération spontanée survient toujours vers 5-6 mois. Ce début de récupération est un leurre pour les parents et les cliniciens qui hésitent dès lors à sacrifier un nerf en cours d'amélioration [76].



Indications pour la réparation chirurgicale [77] : un patient qui n'a pas récupéré le biceps (même une contraction) à 3 mois est candidat à l'exploration et à la réparation chirurgicale. Avec une paralysie complète, une réparation sera nécessaire, même si le biceps récupère, tant que la main n'a pas récupéré et / ou que le syndrome de Horner est présent.

Nous adoptons un âge de réparation chirurgicale qui conformément à la plupart des études de la littérature un âge précoce entre 4 et 6 mois, d'ailleurs 50% de nos malades sont opérés entre l'âge de 4 et 6 mois le reste des malades opérés à un âge plus de 6 mois sont dans cette marge secondairement à un retard d'admission à notre service ou un retard de programmation au bloc opératoire du à des problèmes techniques.

V3.2 Greffe nerveuse :

Les greffes nerveuses sont conçues pour contourner la zone de blessure en autorisant la repousse axonale du niveau de la racine nerveuse jusqu'à des cibles distales (typiquement, divisions ou cordons du plexus brachial). La greffe nerveuse peut entraîner une amélioration de la fonction motrice et de la sensibilité. Bien qu'il est difficile de comparer en raison de la variabilité des indications et des systèmes d'évaluations, des études ont constamment démontrés des gains fonctionnels significatifs de la flexion du coude chez les patients qui ont bénéficiés d'une chirurgie nerveuse entre 3 et 9 mois [78, 79, 80, 144].

a. Greffe nerveuse synthétique :

La greffe nerveuse est typiquement réalisée avec autogreffe (communément le nerf sural), mais peut être effectuée alternativement avec des conduits nerveux synthétiques ou une allogreffe. Les chercheurs se sont orientés vers les biomatériaux afin de créer des supports pour la régénération nerveuse. Les problèmes de compatibilité des donneurs sont ainsi écartés, et surtout l'implantation de biomatériaux évite de créer un second déficit chez le patient. Cependant le biomatériau sélectionné pour la fabrication de conduits nerveux (tissue engineered nerve graft = TENGs) doit respecter un certain nombre de critères comme sa biocompatibilité, sa porosité et sa flexibilité. Les conduits nerveux développés sont d'origine synthétique ou naturelle. Certains conduits sont même déjà approuvés et commercialisés pour l'usage clinique (Avance®) [81].

Les tubes nerveux sont donc appropriés pour une utilisation dans la réparation du plus petit diamètre (Ex., les nerfs des extrémités distales, tels que les rayons radial, ulnaire et leurs branches terminales dans le poignet, la main ou les doigts), avec des lésions nerveuses dans lesquelles les longueurs d'écart sont moins de 3 cm. Pour effectuer la réparation avec un tube nerveux, les extrémités nerveuses sont taillées jusqu'à ce qu'un bon motif fasciculaire soit visible à chaque moignon nerveux. Un tube nerveux de diamètre approprié

est choisi de sorte que le diamètre de la lumière du tube soit environ 20% plus grand que le diamètre de la section transversale du nerf pour être réparé et coupé pour avoir sa longueur légèrement plus augmentée que l'espace du nerf à combler (figure 39 A). Les extrémités nerveuses sont ensuite insérées dans chaque extrémité du tube. Cela nécessite le placement d'une microsuture unique placée en "U" de l'extérieur à l'intérieur du tube puis à travers l'épinièvre 1 à 2 mm vers l'arrière du moignon nerveux, puis de nouveau de l'intérieur du tube nerveux vers l'extérieur où le nœud est attaché (figure 39 B). Ce type de point à chaque extrémité maintient les moignons nerveux contraints dans la lumière lubrifiante (figure 39 C). L'intérieur de la lumière est ensuite rempli de solution saline, pour éliminer les bulles d'air. Les extrémités du tube nerveux et de la jonction nerveuse, peuvent être renforcées avec de la colle de fibrine [82].



Figure 39 A : La réparation par tubes nerveux en utilisant (NeuraGen, Integra Life Sciences), avec le tube choisi légèrement plus long que la longueur de l'intervalle et environ 20% plus large en diamètre interne que le diamètre du nerf réparé [82].

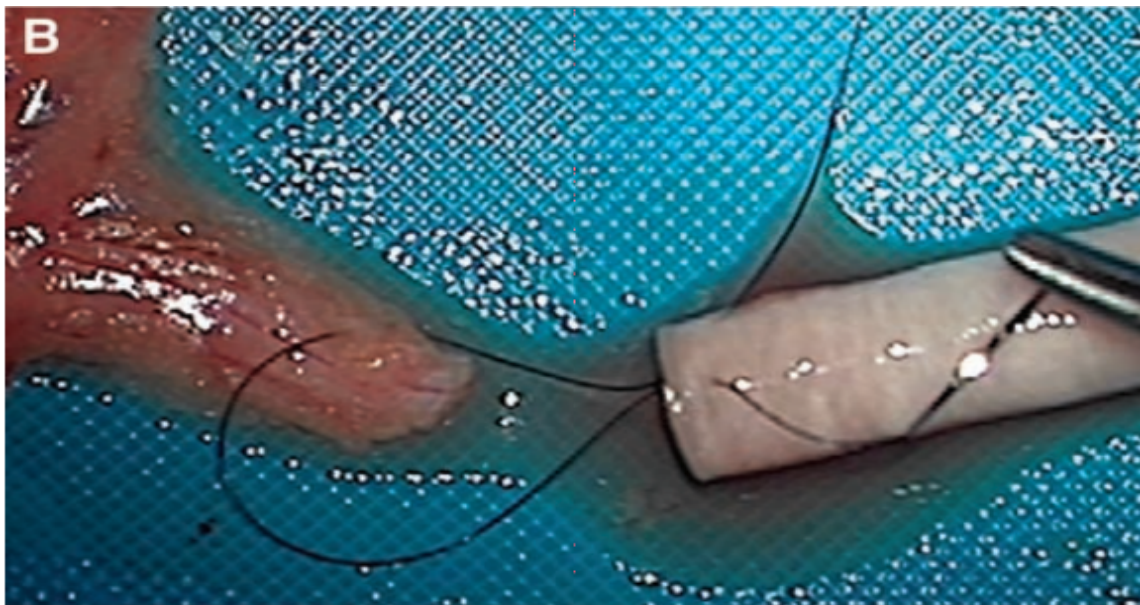


Figure 39 B : Technique de réparation, illustrant le placement d'un point "U"[82].

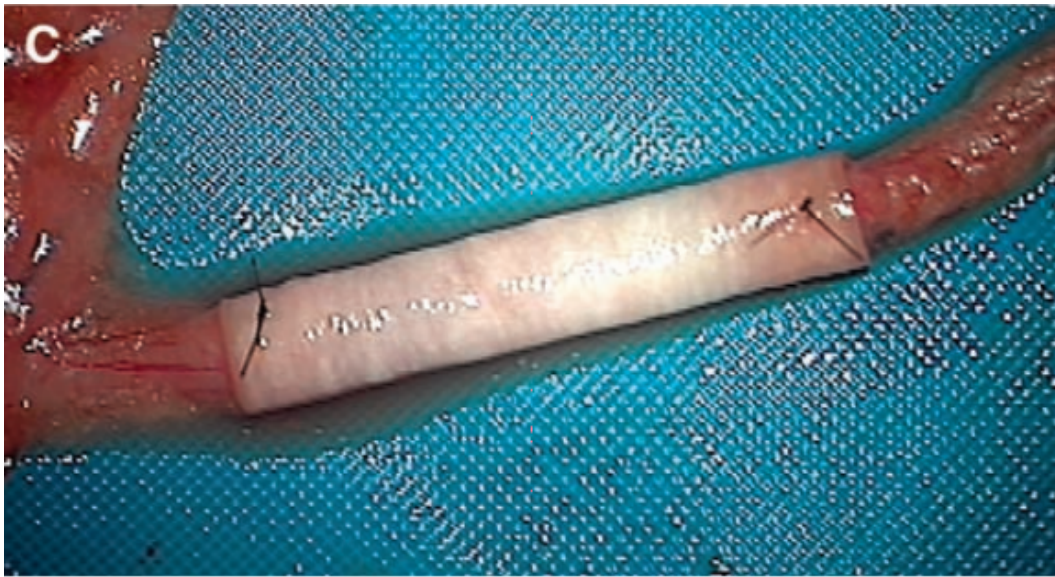


Figure 39 C : La réparation finale avec les moignons nerveux tirés de 1 à 2 mm dans la lumière du tube [82].

b . Intérêt de l'examen anatomopathologique extemporané :

Les sections congelées intra-opératoires signifient généralement des retards et une contrainte supplémentaire pour le chirurgien.

Si un rapport et une communication appropriés sont établis avec les membres du département d'anatomopathologie, l'examen histologique peut être obtenu de façon fiable et efficace en moins de 10 minutes.

L'expérience de 7 ans d'histologie extemporanée à l'hôpital de Floride (Florida hospital Medical Center, Orlando Florida) (Meyerand Claussen 1995, Malessy et al 1999) [49] a permis de tirer certaines conclusions:

1. L'examen histologique n'est pas nécessaire dans tous les cas, mais il est utile lorsqu'il existe un doute quant à la qualité du moignon proximal;
2. L'examen histologique est une méthode directe et objective de définition de l'aptitude de la racine proximale;

3. La présence de cellules ganglionnaires définit l'avulsion. La racine distale de cette avulsion peut apparaître histologiquement normale. Cette racine n'est pas appropriée et ne doit pas être utilisée;
4. Il est préférable de disséquer et de transposer la racine du plexus aussi loin que possible dans le foramen.

c. Sources de la greffe nerveuse :

Nerfs autogènes [83] :

La sélection des donneurs de greffons nerveux reste limitée par sa taille, par le déficit fonctionnel et esthétique créé par leur utilisation.

Le donneur nerveux idéal doit comporter les critères suivants [84]:

- Le déficit sensoriel doit se produire dans un contexte non critique de la zone intéressée du corps.
- Le nerf donneur doit posséder une structure longue, et des segments non ramifiés.
- Le nerf donneur doit être facilement accessible et de localisation fiable.
- Le nerf donneur doit posséder globalement un petit diamètre, de larges fascicules, avec peu de tissus conjonctifs et de connexions interfasciculaires.

Le donneur nerveux disponible pour la greffe est typiquement le nerf sural (comme le cas dans notre série). Des portions du plexus cervical (nerfs supra-claviculaires) et des nerfs cutanés du bras et de l'avant-bras peuvent également servir de greffe.

Le nerf ulnaire vascularisé : L'avantage de la greffe nerveuse vascularisée est la capacité à fournir une perfusion intraneurale immédiate dans un lit mal vascularisé et de reconstruire de larges lacunes nerveuses [85]. La vascularisation du nerf ulnaire nous permet de le prélever sur son pédicule collatéral supérieur, et de réaliser ainsi des greffes nerveuses vascularisées. Cette technique est particulièrement intéressante en cas de paralysie totale, et permet dans certains cas d'éviter le prélèvement des nerfs suraux (le cas échéant de la patiente n°6).

V3.3 Neurotisation :

Le terme «neurotisation» signifie la croissance des fibres nerveuses dans un territoire qui en est dépourvu. Après la dégénérescence Wallérienne, le moignon distal du nerf périphérique transposé est dénervé. Après une neurorraphie, le moignon distal devient de nouveau neurotisé (neurotisation nerf-à-nerf) par des neurones fournissant le nerf original. Si un autre nerf donneur est utilisé, on effectue une neurotisation par transfert nerveux d'axones d'une autre zone de neurones pour fournir les éléments finaux du moignon distal.

La neurotisation du moignon distal dénervé est le but de la procédure, la neurorraphie ou la greffe nerveuse est la procédure elle-même, et le transfert nerveux se réfère à l'origine des fibres nerveuses.

Si un muscle dénervé est en contact étroit avec un muscle innervé sans fascia entre les deux, les fibres nerveuses poussent des petites branches du muscle innervé au muscle dénervé (neurotisation muscle-à-muscle). En résumé, la neurotisation peut suivre un certain nombre d'actions. Un chirurgien peut l'induire, mais la neurotisation peut également se développer spontanément si elle est soutenue par l'anatomie [86, 145].

V3.4 Transferts nerveux:

Les transferts nerveux sont une technique chirurgicale dans laquelle un nerf redondant ou le fascicule contenu dans un nerf est divisé et transféré au pouvoir d'une fonction musculaire lésée et plus critique. Bien que les transferts nerveux de base aient été effectués pendant des décennies, ils étaient généralement un «dernier recours» pour les paralysies graves [87]. À l'inverse, les transferts nerveux plus récemment décrits sont couramment utilisés à la place des procédures classiques de greffe nerveuse et utilisent des nerfs donateurs richement innervés et les transfèrent vers des nerfs moteurs spécifiques du receveur - souvent proches du hile neuromusculaire [88, 89, 90].

Les transferts nerveux "résolvent" deux des problèmes communs associés à la reconstruction conventionnelle du nerf.

- Tout d'abord, en utilisant les nerfs des donateurs situés très près du nerf ou muscle receveur, le problème du temps de réinnervation (comme dans les lésions proximales ou après un retard de diagnostic) est considérablement amélioré.
- Deuxièmement, étant donné que de tels transferts utilisent généralement un nerf donneur moteur pur et le transfère à un nerf récepteur moteur «pur», on évite le problème des fascicules sensoriels proximaux potentiellement incompatibles avec des fascicules récepteurs moteurs distaux.

Depuis la publication de deux articles clés en 2004 [89] et 2005 [91] montrant une amélioration de la flexion du coude, les transferts nerveux sont devenus un nouveau paradigme dans la reconstruction des lésions des nerfs périphériques. Jusqu'à l'avènement des transferts nerveux, un patient avec une lésion du tronc supérieur du plexus brachial serait reconstruit avec des greffes de nerf couvrant le segment lésé. Les résultats de ce type de reconstruction étaient raisonnables, en particulier chez les nourrissons atteints de

paralysies hautes, mais la fonction fréquemment utile ne retournerait pas à un ou plusieurs des trois nerfs périphériques clés formés par les racines C5 et C6 (suprascapulaire, axillaire et musculocutané) [92, 93, 94]. Les principales raisons de ces résultats imprévisibles ont été considérées comme secondaires à la distance de la lésion, aux plaques de l'extrémité motrice et l'incompatibilité des fascicules proximaux et distaux à travers la lésion segmentaire [95].

a. Principes du transfert nerveux :

Il existe plusieurs principes importants à adopter pour maximiser les résultats des transferts nerveux [96, 83] :

- ❖ Dont le premier est de réinnerver le nerf receveur le plus près possible du muscle cible [50]. Un exemple remarquable de cette précédente est le transfert de fascicule du nerf ulnaire directement sur la branche du biceps de la structure musculocutanée à proximité immédiate de son entrée dans le muscle [46].
- ❖ Le deuxième principe consiste à effectuer une réparation directe, sans intervention de greffons; cette tactique semble être associée à des résultats améliorés, tels que rapportés de façon convaincante après les transferts musculocutanés intercostaux [97, 98, 99, 100, 101].
- ❖ Le troisième principe est d'utiliser des combinaisons d'unités neuromusculaires de fonction similaire, maximisées lorsque le donneur agoniste et le receveur sont choisis, la réadaptation corticale étant la base physiologique de la récupération fonctionnelle [102]. Cela peut aussi être le fondement physiologique qui explique pourquoi les donneurs de nerfs intraplexiques peuvent donner des résultats supérieurs à ceux extraplexiques [103].

- ❖ Le quatrième principe est que le nerf donneur doit avoir une innervation de suppléance de telle sorte à ne pas représenter la perte de fonction critique [104]. Un excellent compromis est obtenu si une fonction du muscle donneur peut être retenue, en n'utilisant qu'une partie du nerf comme donneur, illustrée par l'utilisation de la branche terminale distale de l'accessoire (transférée au nerf suprascapulaire), épargnant ainsi le point proximal qui se ramifie vers le muscle trapèze [96]. De toute évidence, la valeur de l'élément neuromusculaire à réinnover doit largement dépasser l'utilité du sacrifice [82].
- ❖ Le dernier principe n'est pas tellement différent de celui de toute chirurgie nerveuse : effectuer la chirurgie du transfert nerveux le plus tôt possible pour maximiser les résultats [105]. En supposant que le nerf est irrémédiablement endommagé et incapable de régénération fonctionnelle spontanée [106], ainsi la prolongation de l'axotomie et la dénervation cible n'est associée qu'à des résultats progressivement plus médiocres [107].

Les transferts nerveux ont gagnés en popularité au cours de la dernière décennie.

Contrairement à la greffe nerveuse, le transfert nerveux à construit une connexion motrice proche de la cible musculaire.

Les transferts nerveux se sont révélés efficaces pour la présentation tardive, les déficits isolés, les échecs de la reconstruction primaire et plusieurs avulsions de racines nerveuses [108]. Les trois transferts nerveux suivants sont parmi les plus populaires et peuvent être utilisés en association avec un autre pour augmenter l'abduction de l'épaule, la rotation externe ainsi que la flexion du coude. Le transfert de la branche motrice terminale du nerf spinal accessoire sur le nerf supra-scapulaire restaure de façon fiable certaines fonctions infra et supra-épineuses [109,82]. Le transfert de la branche motrice de la longue portion du triceps du nerf radial sur la branche antérieure du nerf axillaire peut restaurer la fonction

du deltoïde [93]. Enfin, le transfert d'un seul fascicule extrinsèque du nerf ulnaire à la branche motrice du biceps mieux connu sous le nom de transfert d'Oberlin, améliore la flexion du coude [46].

Comme pour les résultats de la greffe nerveuse, il est difficile de comparer les études existantes. Les études comparant le spinal accessoire sur le transfert du nerf supra-scapulaire par rapport à la greffe C5 montrent des résultats équivalents [94,110], parmi ces patients, 65-90% démontrent une récupération fonctionnelle avec le transfert d'Oberlin [111,112]. Il existe des données insignifiantes pour évaluer les résultats isolés du transfert de la branche du triceps sur le nerf axillaire chez les enfants, comme il est plus souvent fait en association avec d'autres transferts nerveux [113].

D'autres transferts nerveux ont également été développés, mais sont moins utilisés, y compris les transferts nerveux intercostal et de la racine controlatérale de C7 [114,115].

b. *anastomoses nerveuses* :

Le transfert de nerf par anastomose termino-latérale signifie dans notre contexte la stimulation d'un nerf dénervé en l'anastomosant de manière termino-latérale à un nerf innervé directement ou par un greffon pour restaurer la fonction de ce nerf et préserver simultanément la fonction du nerf donneur. Les résultats ne sont pas aussi bons qu'avec l'anastomose termino-terminale.

L'anastomose termino-latérale doit être appliquée uniquement dans les cas où l'anastomose termino-terminale est impossible [86].

Récemment, les transferts nerveux ont été décrits avec une anastomose termino-latérale inversée par opposition à celle typique termino-terminale [116].

Dans une anastomose termino-latérale inversée, le nerf donneur est adapté à la partie latérale du nerf receveur à travers une fenêtre épineurale. Cette anastomose offre l'avantage de ne pas dégrader complètement le nerf receveur en évitant de couper ce dernier pour une anastomose termino-terminale [117]. Ceci est bénéfique si une lésion proximale existe dans le nerf receveur et il n'est pas clair si les axones régénérants finiront par réinnervier les objectifs moteurs en temps opportun, ce qui entraîne une suralimentation du nerf régénérant.

Il y a eu des résultats prometteurs dans un modèle de rat démontrant une réinnervation comparable à une anastomose termino-terminale et un cas rapporté chez les humains [117, 118, 119, 95].

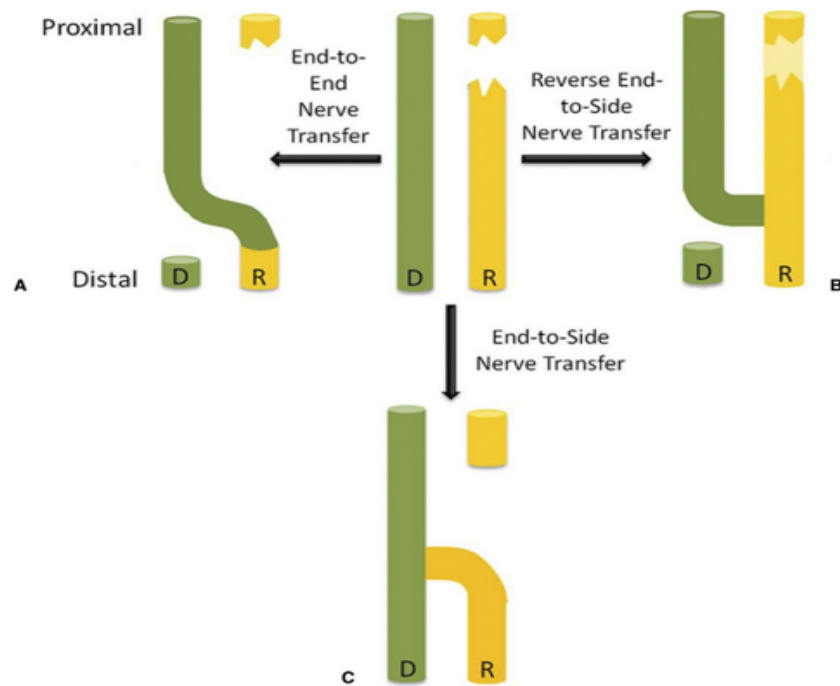


Figure 40 : Diagramme schématisque du transfert nerveux. A : anastomose termino-terminale. B : anastomose termino-latérale inversée. C : anastomose termino-latérale [95].

(D : nerf donneur; R : nerf receveur)

A: Les transferts nerveux par anastomose termino-terminale sont généralement effectués pour la reconstruction d'une lésion nerveuse proximale qui n'a aucune chance de régénération réussie ou de récupération musculaire fonctionnelle. Un nerf donneur est transposé distalement et anastomosé en termino-terminale avec le nerf récepteur lésé.

B: Le transfert nerveux par anastomose termino-latérale inversée pourrait être utile pour maximiser le nerf récepteur lésé avec des axones moteurs supplémentaires, tout en laissant le nerf proximal libre pour une régénération potentielle. Le nerf donneur est transposé distalement et collé sur le côté du nerf récepteur distal à travers la création d'une fenêtre périneurale.

C: Le transfert nerveux par anastomose termino-latérale est généralement effectué lorsque le moignon proximal du nerf lésé n'est pas disponible pour la reconstruction. L'extrémité distale du nerf lésé est collée sur le côté d'un nerf donneur intact. Les axones vont se développer à partir du nerf du donneur dans le nerf récepteur par la repousse collatérale (axones sensoriels) ou la repousse traumatique (axones motrices), ce qui nécessite un certain degré de traumatisme pour le nerf donneur.

V3.4 Stratégie de reconstruction :

Il n'existe aucune étude pour comparer directement la greffe au transfert nerveux comme stratégie primaire de reconstruction.

Les études faites par Lin et al, et Ladak et al ont eu des circonstances similaires incluant un échec du Cookie Test à 9 mois. Les résultats de la greffe nerveuse ont été similaires à ceux du transfert nerveux [120, 121]. La seule étude qui compare directement un transfert nerveux à une greffe nerveuse était focalisée sur le nerf suprascapulaire, et ces résultats ont été similaires [94, 110].

-le rôle du transfert nerveux comme seule stratégie de reconstruction primaire n'est pas clair. Bien que les transferts nerveux multiples puissent être utilisés pour traiter toutes les cibles de la paralysie, dans le cas de paralysie sévère ils laissent des cibles non traitées.

Ceux qui ont effectués et défendent les transferts nerveux estiment que la qualité de réinnervation est supérieure même si les résultats mesurés sont similaires. Cette différence perçue, est pensée être liée à la réinnervation précoce, moins de co-contractions, la facilité de rééducation (transfert nerveux distal par rapport à la greffe nerveuse) et une réinnervation motrice plus spécifique.

-bien que la reconstruction par greffe nerveuse tire parti d'un plus grand nombre d'axones (que ce qui est disponible pour le transfert nerveux) et produit une reconstruction anatomique correcte, notre compréhension de l'organisation topique et le modèle éventuel de ramification des racines proximales est limité et nous ne pouvons pas reproduire l'organisation normale des nerfs en utilisant des greffes de câbles. Ceci conduit inévitablement à un certain degré d'erreur de direction axonale, de désorganisation et de co-contractions. A ce stade, nous sommes incapables de mesurer ces observations subjectives et qualitatives [108].

Les transferts et les greffes ne peuvent pas être comparés, ils restent deux stratégies utilisées en conjonction pour avoir une réinnervation maximale afin de satisfaire le plus de cibles possible.

Chaque chirurgien doit être au courant de toutes les options et utiliser son jugement pour faire des choix éclairés. Toutes les options ci-dessus sont ouvertes à l'interprétation et aux modifications fondées sur l'expérience personnelle et la situation en cours de la chirurgie.

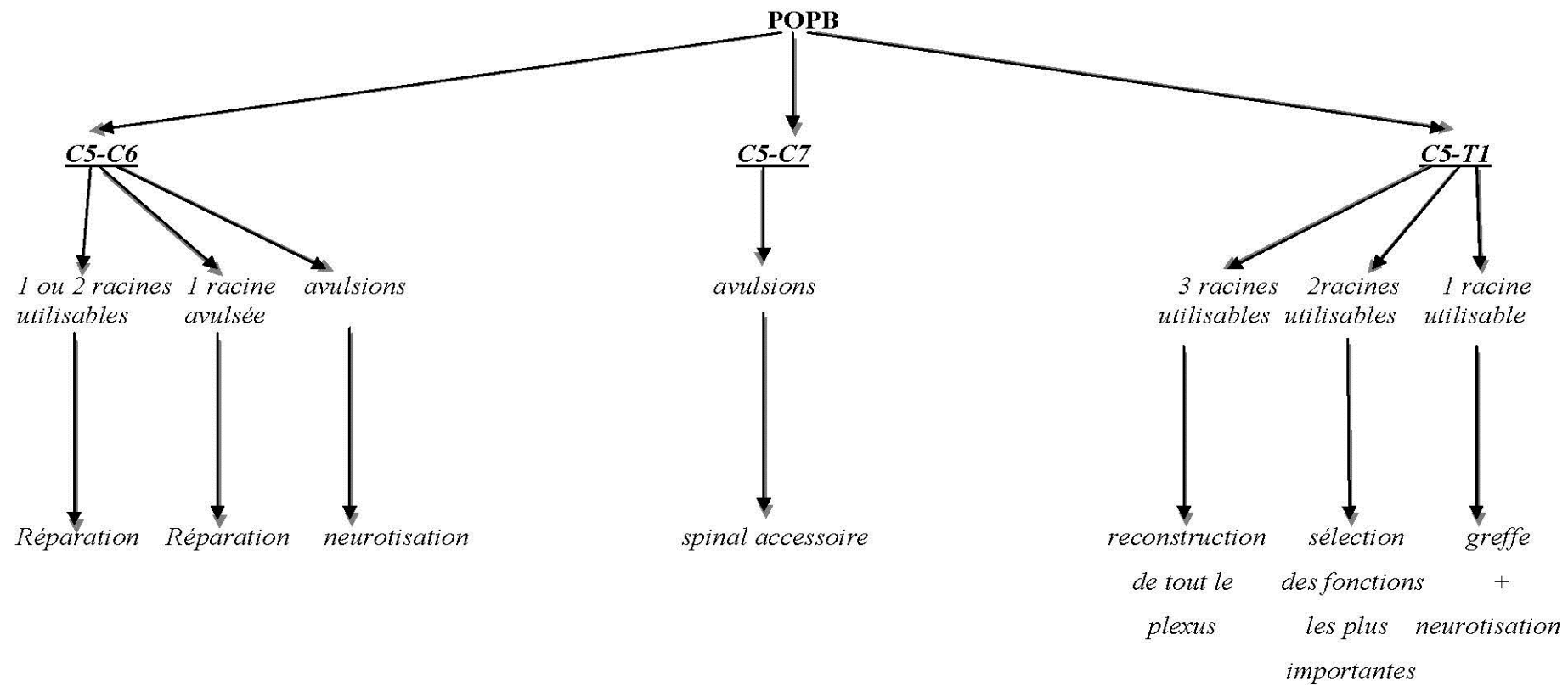
Selon Gilbert [59], la stratégie est différente lorsque seul le plexus supérieur est atteint. Il est alors possible de tout réparer en utilisant une ou deux racines. Même si une racine est avulsée, la réparation globale est possible avec de bons résultats. La situation la plus difficile est lorsqu'il y a avulsion des deux racines supérieures, sans atteinte des autres niveaux, la seule possibilité de réparation consiste en la neurotisation. Gilbert préfère la neurotisation intraplexique à partir de l'un des nerfs du grand pectoral. Ce transfert marche lorsque C7 n'est pas atteinte. Autrement, il vaut mieux utiliser un autre donneur tel un nerf accessoire. D'autres auteurs préfèrent la neurotisation à partir de nerfs intercostaux ou même de la racine C7 du côté opposé. A cause de la longue durée de convalescence, Gilbert utilise des transferts croisés à partir du grand pectoral opposé, seulement pour la reconstruction secondaire avec transfert musculaire libre.

Dans la paralysie complète, la réparation dépend du nombre d'avulsions. Le but est d'obtenir une main fonctionnelle et le moyen est la neurotisation des racines supérieures.

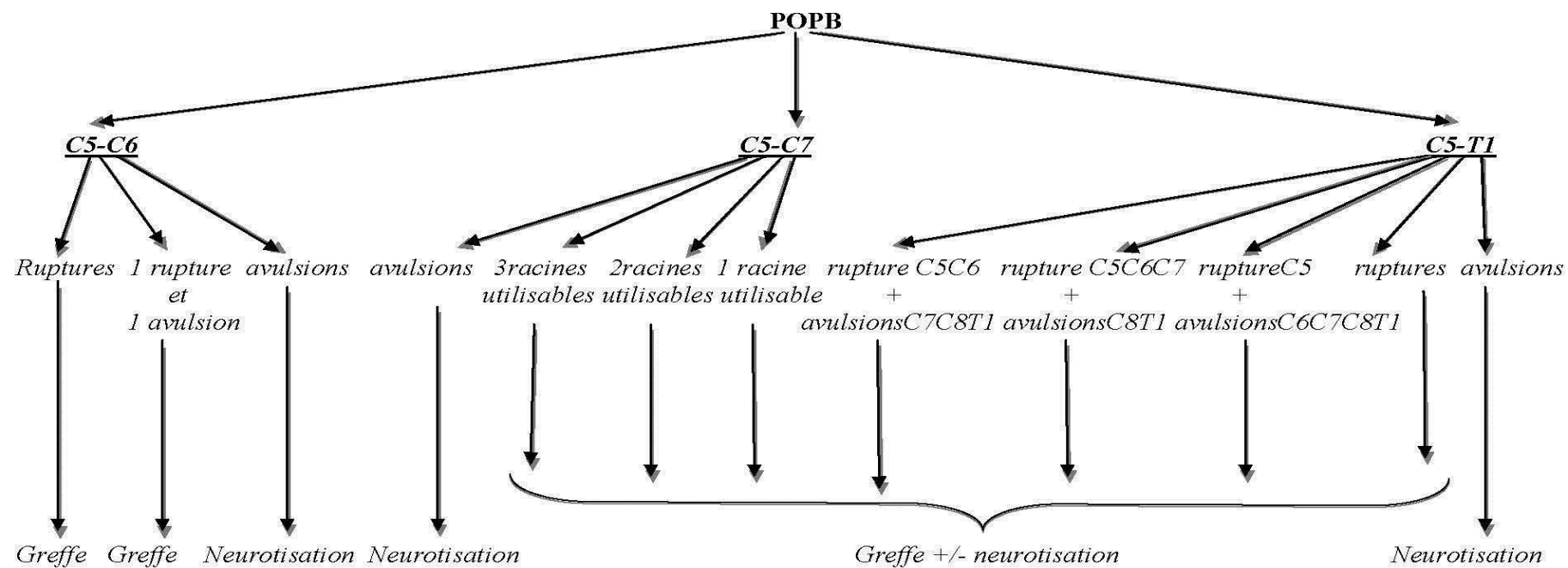
Si trois racines supérieures sont utilisables, il est possible de reconstruire tout le plexus.

Lorsque seules deux racines subsistent, la reconstruction est plus complexe, et il peut être nécessaire de sélectionner les fonctions les plus importantes (main, flexion du coude) et abandonner les autres.

La situation la plus difficile est lorsque quatre racines sont avulsées, laissant seulement une racine utilisable. La réparation va associer des greffes de cette racine et des neurotisations extraplexiques à partir de nerfs accessoires ou intercostaux.



Notre stratégie de reconstruction :



Notre stratégie de reconstruction se base sur la disponibilité des racines. Si des racines saines sont disponibles (ruptures ou lésions extra-foraminales), nous préférons les utiliser et garder les transferts en réserve. Cependant, s'il y a un manque de racines utilisables ou présence d'avulsions ou des lésions intra-foraminales, une neurotisation est préférée.

En fin de compte, la décision dépendra de la situation rencontrée lors de la chirurgie qui repose sur : qu'elle racine touchée, le nombre de racines atteintes, le type de la lésion anatomopathologique et l'aspect du moignon proximal de la racine touchée.

Le choix dépendra des précédents tout en gardant une priorité de reconstruction pour la main en premier lieu, puis la flexion du coude et enfin la stabilité de l'épaule.

V3.5 chirurgie nerveuse tardive :

Dans certains cas, l'enfant est vu beaucoup plus tard, jusqu'à plusieurs années, ayant une mauvaise récupération avec ou sans co-contractions. La caractéristique la plus courante est un enfant vu à l'âge de 3 ou 4 ans, qui a eu une paralysie complète: l'épaule et le coude ont suffisamment récupéré, mais la main est flétrie ou extrêmement faible. La situation est très difficile car, pour obtenir de bonnes chances de récupération de la main, il faudrait sacrifier certaines des racines nerveuses supérieures. L'utilisation de la neurotisation extraplexique ne permettra jamais une bonne récupération de la main. La décision dépend totalement de la famille. Le chirurgien doit évaluer les parents et juger l'acceptation de la perte temporaire (ou même définitive) de certaines fonctions afin de donner à l'enfant une chance de récupération de la main. C'est l'une des décisions chirurgicales les plus difficiles. Si le bras entier est flétri, le problème n'est pas si grave. Ensuite, le délai sera déterminé par la survie des muscles (contrôlée par EMG) et l'adaptabilité du cerveau.

Dans la paralysie obstétricale, s'il n'y a pas d'avulsion, les muscles peuvent rester en vie pendant de nombreuses années, car certaines fibres parviennent à traverser le névrome. Cependant, même si le muscle peut être réinnervé après plusieurs années, l'enfant ne l'utilisera jamais, car le cerveau ne peut pas s'adapter à cette nouvelle situation.

Bien sûr, dans ces différents cas tardifs, le choix sera pesé contre les possibilités de transferts musculaires et tendineux, ce qui pourrait donner une fonction suffisante sans risque de chirurgie nerveuse. C'est vrai pour l'épaule et le coude, mais rarement la main [77].

Selon l'expérience de Sènèse et al [122], la chirurgie nerveuse tardive reste faisable chez les enfants atteints de POPB, acceptable jusqu'à l'âge de 6 ans. Cela n'exclut pas la possibilité d'une intervention chirurgicale chez les enfants plus âgés. En effet, le potentiel de régénération nerveuse ou de récupération du tronc nerveux permet une intervention chirurgicale retardée. La neurotisation sélective des groupes musculaires s'est avérée d'un rétablissement fonctionnel considérable pour les patients qui ont présenté une récupération partielle du mouvement durant la petite enfance.

Il y a quelques années, ces patients auraient été traités par chirurgie orthopédique secondaire, souvent avec des résultats insatisfaisants et avec une perte fonctionnelle au cours des années. Pour éviter toute confusion, il convient de souligner que la procédure de neurotisation tardive est une méthode chirurgicale supplémentaire pour aider les patients à obtenir un meilleur résultat, précisément lorsque la reconstruction du nerf primaire n'est plus viable.

En conséquence, la procédure de neurotisation ne doit pas être considérée comme une procédure alternative à la reconstruction du plexus brachial, ce qui permet d'obtenir le meilleur résultat dans le traitement de la POPB.

V3.6 chirurgie nerveuse après accouchement par présentation de siège :

Les lésions du plexus brachial après accouchement par présentation de siège sont associées à des lésions différentes par rapport aux paralysies de naissance après la présentation céphalique.

Les données de notre série et des publications antérieures (Geutjens et al 1996) montrent que la paralysie du plexus brachial après accouchement par présentation de siège est caractérisée par une forte proportion de lésions préganglionnaires (avulsions partielles ou complètes) des racines supérieures fournissant le plexus brachial. À la suite de ce type de lésion, les atteintes du nerf phrénique et les lésions bilatérales du plexus brachial sont des complications presque caractéristiques d'un accouchement par présentation de siège. Dans ce type de lésion, nous avons constaté que l'application précoce des transferts sélectifs de nerfs est importante et efficace.

La combinaison des transferts du nerf accessoire-suprascapulaire et pectoral-musculocutané s'est révélée particulièrement enrichissante dans la série de Blaauw [123].

Des résultats satisfaisants du transfert du nerf ulnaire d'Oberlin pour le nerf du biceps dans le traitement des POPB hautes issus de présentation siège pour la série de Al-Qattan [124].

Dans notre série le transfert du nerf spinal accessoire pour le nerf supra-scapulaire a démontré un résultat raisonnablement bon obtenu chez 1 cas.

V3.7 Suites opératoires :

La coquille d'immobilisation va rester en place pour une durée de trois semaines. Durant cette période, seuls les soins quotidiens de nursing imposent une sortie de cette coquille, de courte durée et avec toujours la précaution d'une immobilisation passive de la tête et du bras par une tierce personne durant la durée des soins. À trois semaines, le programme de rééducation peut reprendre, identique au protocole préopératoire.

V.4 Place de la chirurgie nerveuse :

Les progrès de la chirurgie nerveuse ont permis la réparation directe des lésions. La première tentative de traitement chirurgical par suture nerveuse directe après résection du névrome est pratiquée par Kennedy en 1903. Le début des greffes correspond à Taylor en 1907. A. Gilbert a appliqué à l'enfant les techniques de réparations chirurgicales du plexus brachial de l'adulte.

De nombreuses études ont tenté de vérifier le bien-fondé de la chirurgie nerveuse :

- Laurent et al. ont partagé 116 patients avec POPB en trois groupes : sur 88 patients pour lesquels ils ont décidé que l'abstention chirurgicale et la prise en charge kinésithérapique étaient préférables, tous retrouvent des fonctions presque normales à 1 an ; le groupe de 4 enfants dont les parents ont refusé la chirurgie qui était préconisée ne montre aucune amélioration à 1 an ; dans le groupe des 24 enfants opérés, 1 an après la chirurgie pratiquée entre 2 et 18 mois, l'amélioration est significative par rapport à leur état avant l'opération [125].

- Selon l'étude prospective de Waters sur 66 patients avec POPB à 3 mois, 60 retrouvent un biceps à 6 mois ; sur les 6 autres, alors opérés par microchirurgie, aucun ne retrouve une fonction normale, mais leurs résultats sont toutefois meilleurs que dans un autre groupe où une récupération spontanée était visible à 5 mois et dont les patients étaient suivis par observation seulement [126].

- L'étude de Strombeck compare 53 patients avec absence de contraction du biceps ou du deltoïde à trois mois et qui ne sont pas opérés, et 59 patients opérés jeunes. Ils retrouvent une meilleure épaule pour les opérés, mais il n'y a pas d'autres différences [125].

- Forin et son équipe, opèrent chirurgicalement 36 enfants à 4 mois pour absence de contraction du biceps ou du deltoïde. 33 sont suivis sur quatre ans et demi en moyenne. Les 13 enfants souffrant de lésions hautes ont tous une récupération utile, c'est à dire qu'ils retrouvent une force luttant au moins contre la moitié de la gravité (77% retrouvent l'abduction de l'épaule et 85% la flexion du coude) ; sur les 20 souffrant d'une atteinte totale, 4 (20%) récupèrent une abduction utile, et 7 (35%) une flexion de coude utile [127].

-Gilbert A. précise que les résultats de la réparation chirurgicale sont supérieurs à ceux d'une récupération spontanée. Et que ceci a déjà été suggéré par Taylor et Clarke au début du siècle et a été confirmé par tous les chirurgiens expérimentés en la matière : Narakas, Carlstedt, Morelli, Kawabata, Terzis, Laurent, Clarke et d'autres [59].

-Selon une méta-analyse [128], la réparation nerveuse réduit l'altération fonctionnelle de la paralysie obstétricale du plexus brachial. La prise en charge non opératoire chez les patients présentant un déficit à l'âge de 3 mois conduit à une forte proportion de déficience fonctionnelle. La mortalité n'est pas un risque commun de réparation nerveuse microchirurgicale moderne. Les séquelles avec une gestion non opératoire sont sous-estimées dans les publications de la littérature.

-Le pronostic de la récupération fonctionnelle de la POPB demeure difficile, et les résultats reflètent ce défi. Zuckerman a récemment comparé deux groupes de nourrissons avec une POPB de grade 1 de Narakas dont l'âge est entre 5 et 9 mois. Un groupe a subi un transfert nerveux, tandis que l'autre a dépassé le besoin d'intervention. Les deux groupes ont démontré des fonctions similaires à long terme vers 2 ans [129]. Malgré ce défi, la microchirurgie a démontré une récupération fiable de la fonction de l'épaule dans 60-80% des cas et récupération de la flexion du coude contre la gravité dans 80 à 100% des cas [130, 131, 132, 133, 78].

Malheureusement, il n'est pas si évident pour notre étude de montrer un bénéfice de la chirurgie nerveuse sur le traitement conservateur vu notre exclusion des patients n'ayant pas été opérés par chirurgie nerveuse. Une étude randomisée comparant le devenir à long terme des patients opérés et ceux non opérés permettrait une approche plus précise de la prise en charge.

Mais notre intérêt de la question repose sur le gain fonctionnel qu'a obtenu les malades après la chirurgie, ce dernier a été couronné par une amélioration significative par rapport à leur état avant l'opération dont les résultats sont étalés dans le texte qui suit.

V.5 Résultats fonctionnels :

Le suivi des résultats est fondamental. Il n'est pas possible de contrôler les patients et de comparer les techniques opératoires sans une cotation fiable.

On a utilisé le tableau 6 pour l'évaluation des résultats fonctionnels des cas de notre série.

Les résultats des réparations chirurgicales nerveuses du plexus brachial, variables d'une étude à l'autre, sont assez favorables selon Gilbert [2, 38] et dépendent surtout du niveau lésionnel initial :

Lésions C5-C6 :

Dans les lésions hautes, touchant les racines C5-C6, les résultats au niveau de l'épaule montrent pour Gilbert des résultats excellents dans 80% des cas et moyens dans 20 %.

Notre étude portant sur des patients issus tous d'une présentation siège montre un résultat au niveau de l'épaule excellent que dans 25% des cas et insuffisant dans 75% des cas avec un très bon résultat chez tout les cas au niveau du coude.

Lésions C5-C6-C7 :

Gilbert a eu des résultats au niveau de l'épaule excellents dans 61% des cas, moyens dans 29% des cas et insuffisants dans 10%.

Pour les lésions C5-C6-C7, nos résultats sont légèrement inférieurs concernant l'épaule et le coude :

- -épaule, 60% excellents, 40% insuffisants.
- -coude, 60% excellents.

Forme totale :

Les paralysies totales associent le plus souvent des ruptures hautes et des arrachements des racines inférieures. Les résultats à l'épaule sont moins bons pour Gilbert : excellents 22%, moyens 42 %, mauvais 36%.

Nos résultats pour l'épaule sont légèrement élevés par rapport à ceux de Gilbert avec 47% excellents, 23% moyens et 29% insuffisants. Alors que la récupération de la flexion du coude atteint 88% en comparaison avec 81% pour Gilbert.

Cependant, l'effort essentiel porte sur la récupération de la paralysie totale de la main. Gilbert rapporte que la fonction de la main reste utile que chez 75% des patients, valeur presque identique retrouvée chez nos patients à 76%.

La comparaison du taux de récupération peut être influencée par la sélection des cas en faveur de la forme totale, nombre total de cas 26 par rapport à 108 cas pour Gilbert, l'âge du patient et la fonction musculaire au moment de la chirurgie.

-selon El-Gammal [80], les résultats de la réparation chirurgicale nerveuse pour la paralysie obstétricale du plexus brachial intéressant la forme totale étaient considérablement améliorés par rapport à la moyenne préopératoire :

<i>Etude</i>		<i>El-Gammal [101]</i>	<i>Notre série</i>
<i>Nombre de cas</i>		35	17
<i>Age moyen de la chirurgie</i>		10,8 mois	6,7 mois
<i>Recul</i>		4,2 ans	6,8 ans
<i>Résultats</i>	<i>Abduction de l'épaule</i>	37,1 %	64,7 %
	<i>Rotation externe de l'épaule</i>	54,3 %	47 %
	<i>Flexion du coude</i>	75,1 %	88 %
	<i>Fonction de la main</i>	53,4 %	76 %

Nos résultats pour l'abduction de l'épaule, la flexion du coude, et la fonction de la main restent élevés par rapport à ceux de El-Gammal, mais la rotation externe de l'épaule bien que systématiquement réparée, reste déficitaire.

VI. LIMITES DE L'ETUDE:

Nous n'avons pas la prétention à travers cette recherche d'avoir présenté des résultats sans faille. Aussi, avons-nous rencontré divers obstacles au cours de nos investigations. C'est le lieu de les évoquer :

- Un nombre limité de dossiers cliniques par rapport aux autres études notamment celle de Gilbert ce qui rend l'extrapolation de nos résultats difficile.
- l'étude est sujette à des biais de sélection « forme totale ».
- Certaines données n'ont pas été évaluées sur le plan résultat.
- absence de comparaison entre les patients opérés par chirurgie nerveuse et les non opérés à long terme.

VII. PLACE DE LA REEDUCATION:

Les objectifs de la rééducation sont de préserver les mobilités articulaires afin de permettre la réalisation des mouvements lorsque les muscles récupèrent. Elle commence seulement après les trois premières semaines de vie afin de ne pas provoquer d'étirement supplémentaire et de permettre une cicatrisation nerveuse correcte. Pour cela, le membre supérieur est maintenu dans une écharpe en rotation interne, coude au corps [127]. Pendant la période de récupération, trois types de travail sont associés : la mobilisation passive et surtout active, le maintien de postures et l'ergothérapie. La mobilisation passive permet de maintenir les plans de glissement musculo-aponévrotiques et la mobilité articulaire [134]. Elle doit être prudente afin d'éviter un travail douloureux d'étirement tendineux et musculaire. Elle porte essentiellement sur l'abduction, l'antépulsion, la rétropulsion et la rotation externe de l'épaule en position coude au corps afin d'étirer le muscle sous-scapulaire. Elle travaille aussi la flexion du coude, l'extension du poignet et la flexion des doigts. La mobilisation active doit être débutée dès les premiers signes de réinnervation clinique afin de faciliter la maturation fonctionnelle des unités motrices. Elle est rarement initialement analytique chez le petit enfant mais elle permet, au sein d'un mouvement

global, de solliciter un ou plusieurs groupes musculaires. Elle renforce les deltoïdes et les rotateurs externes de l'épaule, les fléchisseurs du coude, les extenseurs de poignet et du pouce et les supinateurs de l'avant-bras. Parallèlement, des activités ludiques se servant des deux membres supérieurs sont utilisées afin de permettre une prise en charge globale de l'utilisation active des différents groupes musculaires et de favoriser leur intégration corticale (jeux à deux mains avec ballon, empilement d'objets avec les deux mains, etc.). Parallèlement à la mobilisation active, l'électrothérapie est utilisée par certaines équipes afin de lutter contre l'amyotrophie liée à la dénervation [135]. Cependant, ses applications sont parfois difficiles chez l'enfant et limitent sa pratique.

L'utilisation d'attelles de posture est souvent indispensable afin d'éviter les positions vicieuses ou de placer le segment de membre dans une position fonctionnelle. L'épaule a pu être placée dans une attelle en abduction de 90° et en rotation externe de 90° . Cette position générant parfois des rétractions des muscles sus-épineux, elle est peu à peu abandonnée. L'attelle en rotation externe d'épaule coude au corps permet, en fixant l'omoplate contre le thorax, d'obtenir cette rotation externe dans l'articulation gléno-humérale [127] afin d'éviter un enraidissement en rotation interne. D'autres orthèses peuvent être utilisées, notamment au coude (orthèse hélicoïdale) au poignet et aux doigts [136]. Enfin, l'ergothérapie permet d'utiliser l'ensemble du membre supérieur en suivant l'évolution psychomotrice. Son objectif principal est de solliciter l'ensemble du membre dans des activités finalisées afin d'éviter un défaut d'utilisation du membre atteint [137].

Des techniques de rééducation sensorimotrice sont utilisées ainsi qu'une activité de jeu faisant participer la famille. La rééducation doit prendre aussi en compte les différents troubles sensitifs même s'ils sont difficiles à évaluer [138]. Cette rééducation comprend des stimulations répétées à type de contacts manuels, de massages, d'alternance de chaud et de froid, de stimulation par le toucher des structures, de forme et de consistance différentes [10].

VIII INTERVENTIONS NON CHIRURGICALES :

L'électrostimulation, la thérapie neuromotrice, les injections de la neurotoxine botulique A et les attelles. Parmi les plus prometteurs de ces méthodes est le traitement par la BTX-A. Ceci a été démontré dans le traitement de la co-contraction biceps / triceps [139, 140], et a permis ainsi d'améliorer le mouvement du biceps et la force musculaire [141].

Le traitement par BTX-A n'a pas été efficace sur le long terme selon l'expérience de Nath [142].

IX. CHIRURGIE DES SEQUELLES :

Lorsque les résultats sont incomplets, des interventions secondaires sont possibles, tant sur l'épaule que le coude ou la main. Les déformations secondaires sont liées aux paralysies et aux déséquilibres musculaires qu'elles entraînent. Les raideurs articulaires doivent être traitées dès que possible afin d'éviter, chez ces enfants en croissance, les déformations définitives des articulations. L'épaule reste la localisation la plus fréquente de ces déformations. L'absence de rotation externe active, associée à la tonicité du sous-scapulaire entraînent des rétractions en rotation interne qui, si elles ne sont pas traitées, provoquent la subluxation, voire la luxation postérieure de l'épaule.

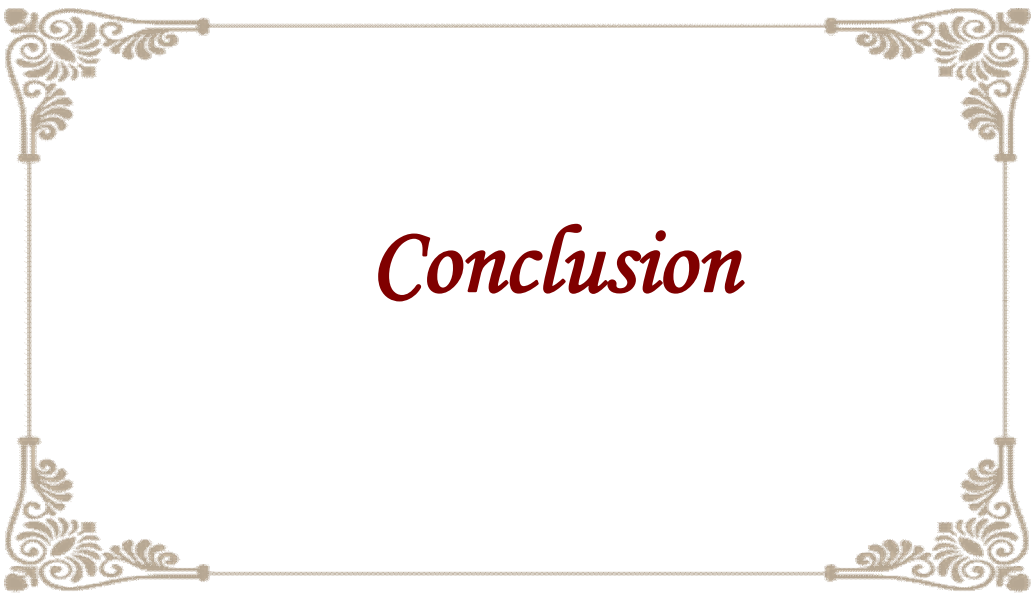
23 % des patients de notre série ont subis des interventions secondaires, afin d'améliorer une insuffisance de résultats (coude/épaule) ou orienter les bons résultats vers le fonctionnement de la main.

X. PREVENTION :

La prévention impose de détecter avant l'accouchement, par mesure échographique ou autre, la disproportion entre la taille de l'enfant à naître et celle du bassin de la future mère. En cas de disproportion évidente, qui peut être confirmée par une radiopelvimétrie, le recours à la césarienne est obligatoire. Pour les cas plus limites, l'accouchement pourra être tenté en salle de travail en ayant soin de prévoir la césarienne en cas de nécessité.

Des poids de naissances prévisibles supérieurs à 4 kg, des naissances antérieures difficiles (extractions instrumentales, manœuvres obstétricales,...), des antécédents familiaux maternelles doivent conduire à des examens attentifs [54].

La prévention trouve toute sa place tant dans le suivi des grossesses que dans les indications de la césarienne.



Conclusion

La POPB est une affection qui reste malgré les progrès de l'obstétrique assez fréquente et grave en raison de ses conséquences potentielles sur la fonction du membre supérieur.

Son évolution est très variable et dépend de la topographie et du type de lésions.

Le traitement est basé essentiellement sur la rééducation. L'indication de la chirurgie nerveuse, souvent débattue dans les différentes études, est posée devant l'absence de récupération du biceps pour les formes hautes et de la main pour les formes totales, entre le troisième et le sixième mois.

Toutefois, le choix de la technique reste difficile et dépendra essentiellement de la racine touchée, du nombre de racines atteintes, du type de lésion anatomopathologique et de l'aspect du moignon proximal de la racine touchée.

La priorité de reconstruction reste la main en premier lieu, puis la flexion du coude et enfin la stabilité de l'épaule.

Les résultats de ces interventions basés sur une expérience de 12 ans sur 26 cas opérés restent encourageants et confirment la place incontestable qu'occupe la chirurgie nerveuse dans l'amélioration du pronostic et l'intérêt de la prise en charge précoce.

Des investigations supplémentaires sont nécessaires pour harmoniser les pratiques de prise en charge, améliorer les indicateurs prédictifs d'une récupération naturelle et établir de meilleurs critères de chirurgie et mesure du devenir.

La prévention trouve toute sa place tant dans le suivi des grossesses que dans les indications de la césarienne.



Résumés

RESUME

Titre: Place de la chirurgie nerveuse dans la prise en charge de la paralysie obstétricale du plexus brachial (à propos de 26cas avec revue de la littérature).

Directeur de thèse: Professeur Abdelouahed AMRANI.

Auteur: JENNANE Ratiba.

Mots clés: Paralysie obstétricale du plexus brachial; Chirurgie nerveuse; Neurotisation; Greffe nerveuse; Transferts nerveux.

Objectif: malgré les importants progrès en obstétrique, l'incidence de la POPB n'a pas changé. La majorité des cas récupère spontanément, le reste récupère partiellement, néanmoins une minorité de ne récupère pas ce qui nécessite une chirurgie nerveuse. Notre travail a pour but d'évaluer la place de la chirurgie nerveuse dans le traitement de la POPB, en se basant sur notre expérience et les travaux de la littérature.

Matériel et méthodes: Nous avons étudié rétrospectivement 26patients traités par chirurgie nerveuse. Ces patients sont colligés au service de traumatologie orthopédique pédiatrique de l'hôpital d'enfants de Rabat, entre l'année 2005 et 2016.

Résultats: l'âge moyen à la consultation pour nos patients était de 4,5mois, dont 58%de sexe féminin et 42%de sexe masculin. L'atteinte du côté droit était la plus fréquente avec prédominance de la forme totale C5-T1. L'âge moyen d'intervention était de 7,5mois. A l'issue de la chirurgie nerveuse, les résultats sont pour la forme:

Totale: 47% de bons résultats pour l'épaule, une amélioration de la mobilité du coude à 88%, une fonction utile de la main chez76% des cas.

C5-C7: de bons résultats pour l'épaule à 60%avec une amélioration de la mobilité du coude à 60%.

C5-C6: les résultats de la fonction de l'épaule n'étaient bons qu'à 25%avec une amélioration de la fonction du coude chez tout les cas.

Le recul moyen est de 7,5ans. Ces résultats encourageants confirment l'importance de la chirurgie nerveuse dans le traitement de la POPB sévère.

ABSTRACT :

Title: Nerve Surgery in the management of obstetrical brachial plexus palsy (about 26cases with literature review).

Reporter: Professor Abdelouahed Amrani.

Author: JENNANE Ratiba.

Key words: Obstetrical brachial plexus palsy; Nerve surgery; Neurotization; Nerve Grafting; Nerve transfers.

Objective: Despite advances obstetrical care, the estimated prevalence of brachial plexus palsy remains stable. The majority of cases demonstrate spontaneous recovery, however, the remainder partially recovers, nevertheless a minority does not recover which requires nerve surgery. Our work aims to evaluate the place of nerve surgery in the treatment of OBPI, based on synthesis of the literature studies on this condition, and our retrospective study.

Materials and Methods: we retrospectively reviewed 26 who had undergone nerve surgery. Our patients were followed in the Traumatology-orthopedy departement at Children's Hospital of Rabat, during the period between 2005 and 2016.

Results: the mean age at consultation of our patients was 4.5months, 58%of them were female and 42%were male. The right side was the most commonly injured and the predominant pattern of injury was total form C5-T1. The mean age at surgery was 7.5months. After nerve surgery, the results are for the:

Total form: 47% good results for shoulder function, with a significant improvement of the mobility of the elbow to 88% and a useful function of the hand in 76%of cases.

C5-C7 form: good results for the shoulder to 60%, with an improvement in mobility of the elbow to 60%.

C5-C6 form: the results of the shoulder function were only good at 25% (seat presentations) with a good improvement in elbow function in all cases.

The mean follow-up is 7.5years. These encouraging results confirm the importance of nerve surgery in the treatment of severe OBPI.

\

ملخص

العنوان : دور جراحة الاعصاب في إدارة علاج الشلل التوليدي للضفيرة العضدية (بصدد 26 حالة مع مراجعة الأدبيات)

المشرف: الأستاذ عبد الواحد العمراني

المؤلف: رتيبة جنان

الكلمات الرئيسية: الشلل التوليدي الضفيرة العضدية، جراحة الاعصاب، تجدد العصب، زرع العصب، نقل الاعصاب.

الأهداف : تأثير الشلل التوليدي للضفيرة العضدية لم يتغير رغم التقدم الكبير للتوليد. معظم الحالات تتعافى بشكل عفوي ، والباقي تعافى جزئيا، ولكن أقلية لا يتعافى الأمر الذي يتطلب جراحة اعصاب. ويهدف عملنا لتقييم دور الجراحة العصبية في علاج الشلل التوليدي للضفيرة العضدية ، بناء على خبرتنا وعلى الاعمال الادبية.

المرض و الطرق : لقد درسنا استعدايا 26 مريضاً تم علاجهم بجراحة اعصاب. تم جمع المرضى بقسم جراحة المفاصل والعظام بمستشفى الأطفال بالرباط، خلال الفترة الممتدة بين 2005 و2016

النتائج : كان متوسط عمر المرضى اثناء الاستشارة 4 اشهر و نصف، 58% منهم من الانات و 42% منهم من الذكور. همت الاصابة الجانب الايمن في اغلب الحالات، وكان نمط الاصابة السائد هو الشكل الكلي C5-T1، متوسط العمر الجراحي كان 7 اشهر و نصف، بعد الجراحة العصبية، نتائج هي :

بالنسبة للشكل الكلي: نتائج جيدة ب 47% لوظيفة الكتف، و تحسن حركة الكوع ب 88% ووظيفة يد مفيدة في 76% من الحالات.

بالنسبة للشكل C5-C7: نتائج جيدة للكتف ب 60% مع تحسن حركة الكوع ب 60%.

بالنسبة للشكل C5-C6: كانت نتائج وظيفة الكتف جيدة فقط ب 25% (ولادات مقعدية)، مع تحسن جيد في وظيفة الكوع بالنسبة لكل الحالات.

متوسط المتابعة يقدر ب 7 سنوات و 5 اشهر. تؤكد هذه النتائج المشجعة أهمية جراحة الاعصاب في علاج الشلل التوليدي للضفيرة العضدية.



Listes des illustrations

Figures :

Figure 1 : Plexus brachial in situ et ses rapports vasculaires [8].

Figure 2 : Anatomie du plexus brachial [10].

Figure 3 : Vue antérieure montrant les racines d'origine, les branches terminales et collatérales du plexus brachial [12].

Figure 4 : Plexus brachial classique [8].

Figure 5 : Plexus brachial in situ. Les rapports des troncs secondaires [8].

Figure 6 : Agencement et gaines de tissus conjonctifs d'un nerf spinal (Tortora et Grabowski, 2001) [15].

Figure 7 : Architecture du nerf périphérique [16].

Figure 8 : cartographie fasciculaire du plexus brachial, selon Narakas [17].

Figure 9 : ligament en semi-cône postéro-supérieur (n°10) de l'espace inter-transversaire de C5 et C6 [18].

Figure 10 : diagramme montrant les grades de lésions qui peuvent se produire au niveau du plexus brachial [143]. Lésion A : lésion préganglionique (avulsion), lésion B : lésion postganglionique (rupture neurotmesis), lésion C : axonotmesis, lésion D : neurapraxie.

Figure 11 : Naissance par voie céphalique avec traction-rotation de la tête, l'épaule étant fixe [10].

Figure 12 : Mécanisme anatomopathologique des elongations, ruptures et arrachements d'après Métaizeau (A, B, C, D). Schémas montrant les correspondances anatomo-cliniques en fonction du gradient de force exercée [10].

Figure 13 : Naissance par le siège, rétention tête dernière : la traction est effectuée en sens contraire du mécanisme classique et explique les avulsions des racines proximales [10].

Figure 14 : ouverture de la gaine du nerf périphérique avec dégénérescence Wallérienne du segment distal [33].

Figure 15 : topographie des lésions plexiques observées chez l'enfant. Il s'agit le plus souvent d'avulsion radiculaire au niveau de la moelle pour les racines inférieures (C8 et D1), soit sous forme bloquée dans le trou de conjugaison (D1), les radicelles n'étant pas visibles lors de la dissection, soit sous forme libre C8, les radicelles apparaissant dans le défilé interscalénique à la dissection. La rupture siège en plein corps de la racine pour les racines supérieures (C5, C6 et C7), en situation extra-foraminale post-ganglionnaire [34].

Figure 16 : Conversion neurochimique de cellule de Schwann non myélinisée en cellule de Schwann myélinisée par régénération du nerf périphérique [36].

Figure 17 : Aspect d'une paralysie plexique proximale, C5-C6, avec la main et les doigts en flexion, l'avant-bras en pronation, alors que l'épaule et le coude sont inertes [34].

Figure 18 : Aspect clinique de la paralysie C5-C6 [2].

Figure 19 : enfant d'un mois atteint d'une POPB C5-C6-C7 [37].

Figure 20 : Tableau clinique d'une paralysie obstétricale du plexus brachial avec atteinte C5, C6, C7 et C8 [10].

Figure 21 : Aspect clinique de la paralysie totale [2].

Figure 22 : Paralysie plexique complète, la totalité du membre supérieur étant flasque [34].

Figure 23 : Le signe de Claude-Bernard-Horner [38].

Figure 24 : Décollement épiphysaire obstétrical de l'extrémité supérieure de l'humérus.

A. à j2 : œdème des parties molles et microarrachement métaphysaire externe de l'humérus.

B. à j17 : grosses ossifications périmétaphysaires [39].

Figure 25 : schéma représentatif des différentes zones de sutures nerveuses [48].

Figure 26 : Répartition des patients en groupes d'âges.

Figure 27 : Répartition des patients selon le sexe.

Figure 28 : Répartition des patients selon le poids de naissance.

Figure 29 : Répartition des patients selon le côté atteint.

Figure 30 : Répartition des patients selon la forme de l'atteinte.

Figure 31 : Répartition des patients en fonction de l'âge d'intervention.

Figure 32 : Répartition des patients en fonction de la voie d'abord chirurgicale.

Figure 33 : l'exploration per-opératoire des racines du plexus brachial.

Figure 34 : corrélation entre l'exploration chirurgicale C5-T1 et la technique utilisée.

Figure 35 : corrélation entre l'exploration chirurgicale C5-C7 et la technique utilisée.

Figure 36 : corrélation entre l'exploration chirurgicale C5-C6 et la technique utilisée.

Figure 37 : évaluation de la fonction de l'épaule selon les formes cliniques.

Figure 38 : corrélation entre l'âge d'intervention des patients et le résultat fonctionnel.

Figure 39 : A : La réparation par tubes nerveux en utilisant (NeuraGen, Integra Life Sciences), avec le tube choisi légèrement plus long que la longueur de l'intervalle et environ 20% plus large en diamètre interne que le diamètre du nerf réparé. B : Technique de réparation, illustrant le placement d'un point "U". C : La réparation finale avec les moignons nerveux tirés de 1 à 2 mm dans la lumière du tube [82].

Figure 40 : Diagramme schématique du transfert nerveux. A : anastomose termino-terminale. B : anastomose termino-latérale inversée. C : anastomose termino-latérale [95].

Tableaux :

Tableau 1 : Correspondance statistique des myotomes selon Bonnel [10].

Tableau 2 : nombre de fibres myélinisées selon la racine ou le nerf terminal (d'après Bonnel [19] et Pruksakorn [21]).

Tableau 3 : nombre de fibres myélinisées selon les donneurs potentiels (d'après Chuang [22]).

Tableau 4 : critères de préfixation, selon Slingluff, Terzis et Edgerton [28].

Tableau 5: Corrélations entre les classifications Sunderland et Seddon et l'estimation de la récupération par rapport à la lésion [30].

Tableau 6 : Tableau d'évaluation de Gilbert / Raimondi. [42]

Tableau 7 : résultats des données cliniques, électriques et IRM de neuf patients admis pour des lésions du plexus brachial [40].

Tableau 8 : l'étude du rapport entre la forme clinique C5-C6 et l'exploration chirurgicale des racines C5 et C6.

Tableau 9 : l'étude du rapport entre la forme clinique C5-C7 et l'exploration chirurgicale des racines C5, C6 et C7.

Tableau 10 : l'étude du rapport entre la forme clinique C5-T1 et l'exploration chirurgicale des racines C5, C6, C7, C8 et T1.

Tableau 11 : pourcentage de récupération de chaque fonction par rapport à la forme clinique.

Tableau 12 : Résumé des observations des patients.

Tableau 13 : Corrélations entre la forme clinique de l'atteinte et l'abord chirurgical.



ANNEXE 1 : FICHE D'EXPLOITATION.

FICHE D'EXPLOITATION

Nouveau né :

-IP : -Numéro d'archive :

-Sexe : M ☐ F ☐ -Age :

Mère :

-Age :

-Antécédents :

Médicaux :

Chirurgicaux :

Gynéco-obstétricaux :

-Grossesse actuelle suivie : oui ☐ non ☐

Déroulement de l'accouchement :

-Lieu : CHU ☐ CHP ☐ Maison d'accouchement ☐ A domicile ☐

-Voie d'accouchement : Basse ☐ Haute ☐ si haute indication.....

-Manœuvres obstétricales : Oui ☐ Non ☐ Si oui : laquelle

-Présentation : Sommet ☐ Siège ☐ Epaulé ☐ Autre ☐

-Mensurations : Poids : kg Taille : cm PC : cm

Clinique :

-Topographie de l'atteinte : MS droit ☐ MS gauche ☐ Deux cotés ☐

-Formes cliniques : C5-C6 ☐ C5-C6-C7 ☐

C8-T1 ☐ C5-C6-C7-C8-T1 ☐

Examens complémentaires réalisés :

Radiographie thoracique ☐

Radiographie du MS ☐

EMG ☐

Myélographie ☐

IRM ☐

Autre ☐

Prise en charge chirurgicale :

-Age de l'intervention :

-Abord chirurgical : sus-claviculaire ☐ trans-claviculaire ☐

-Exploration :

C5			
C6			 rupture
C7			 arrachement
C8			
T1			

-Grefte ☐

Nerf sural : droit ☐ gauche ☐

Nombre de torons :.....

-Neurotisation ☐

*intraplexique :

Transfert fasciculaire médian ☐

Transfert fasciculaire ulnaire ☐

*extraplexique :

Nerf spinal accessoire ☐

N.I.C. ☐

Racine controlatérale C7 ☐

Résultat :

-Epaule : abduction ☐ rotation externe ☐

-Coude : flexion ☐ extension ☐

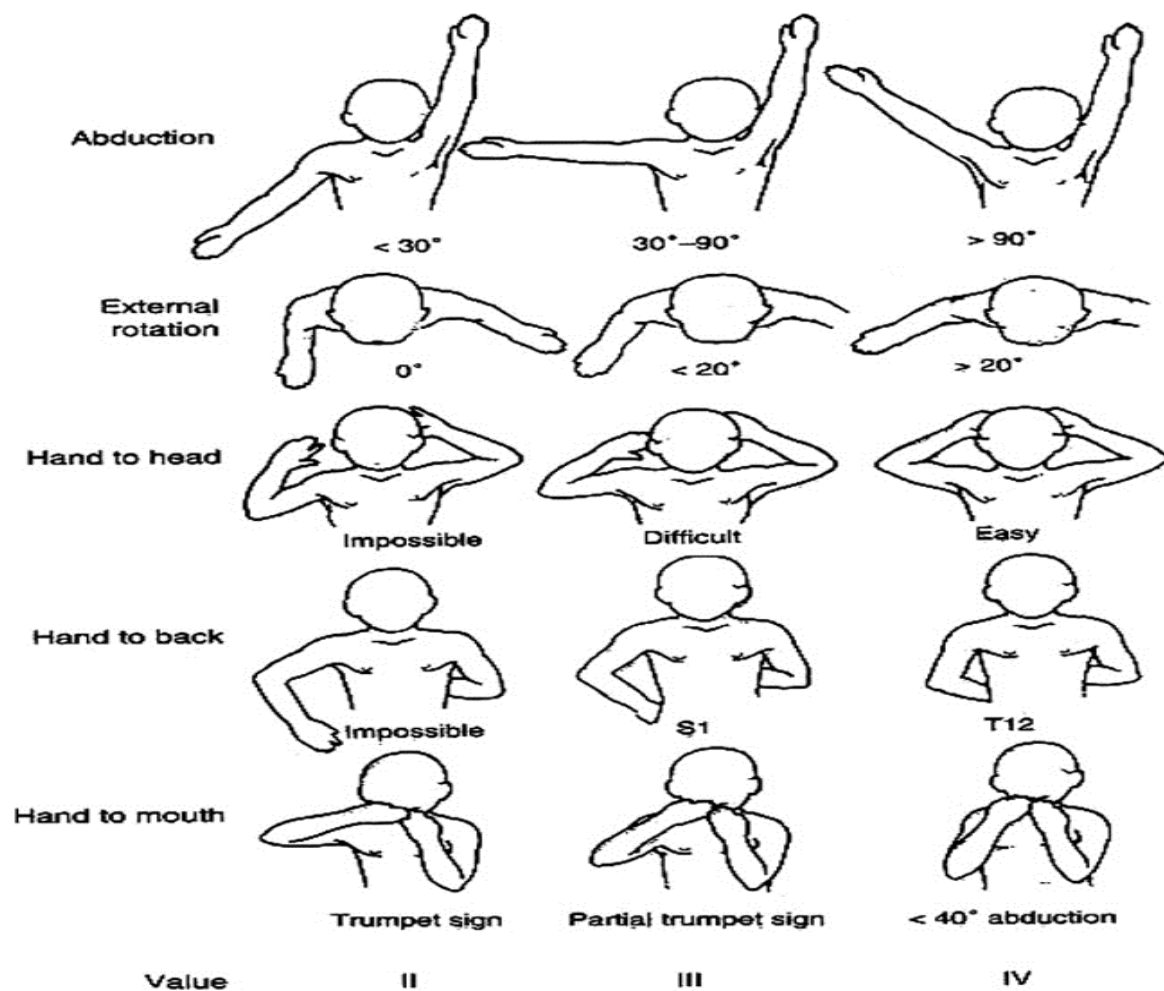
-Avant bras : pronation ☐ supination ☐

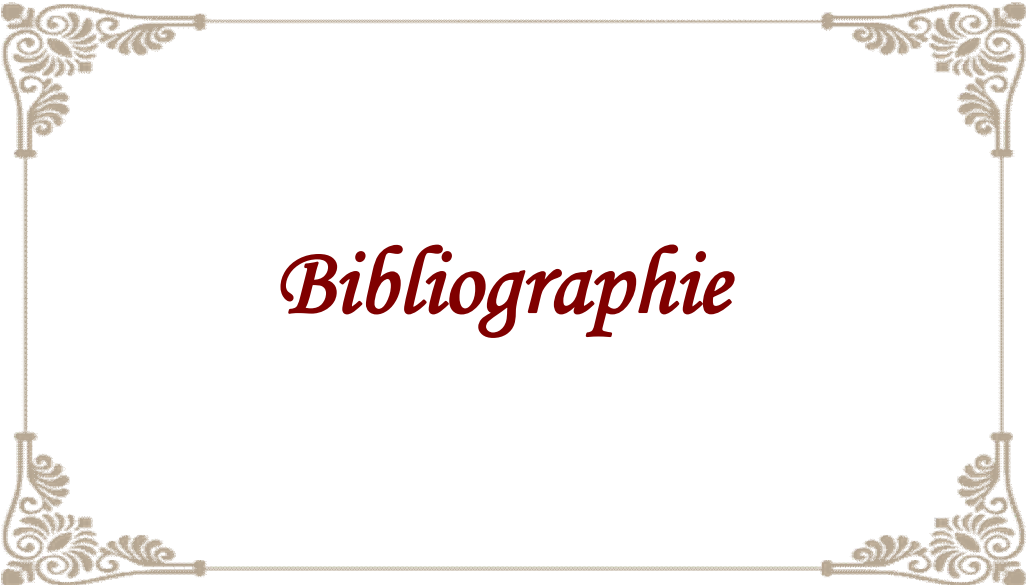
-Poignet : flexion ☐ extension ☐

-Main : flexion des doigts ☐ extension des doigts ☐

Recul :

ANNEXE 2 : SCORE DE MALLET.





Bibliographie

- [1] Duchenne GBA. De l'électrisation localisée et de son application à la pathologie et à la thérapeutique. Paris: J.-B. Ballière et Fils; 1872. p. 353.
- [2] A. Gilbert. Conduite à tenir et résultats du traitement de la paralysie obstétricale du nouveau-né. Rapport 2009 : Pathologies chirurgicales du nerf périphérique. Neurochirurgie 55 (2009) 427–431.
- [3] Friedman AH. An eclectic review of the history of peripheral nerve surgery. Neurosurgery 2009;65(4 Suppl):A3-8.
- [4] Thornburn W. Obstetrical paralysis. the Journal of Obstetrics and Gynaecology of the British Empire 1903;3:454.
- [5] Univ Med Sch 1947;21(3):201-10.
- [6] Seddon HJ. A review of work on peripheral nerve injuries in Great Britain during World War II. J Nerv Ment Dis 1948;108(2):160-8.
- [7] Lahlaïdi A. Anatomie topographique trilingue. Système nerveux tête et cou, organes des sens vol.2. Les nerfs rachidiens. Le plexus brachial p.1005-1009.
- [8] M. Garetiera, S. Chinellatoa , J. Rousseta , C.T. Dioufa , C. Barberota , Y. Feuvriera , B. Senecailb , T. Le Bivica. Anatomie du plexus brachial en IRM. Feuillet de radiologie 2011;51:193-205.
- [9] Paturet G. Traité d'anatomie humaine. Paris : Masson, 1964
- [10] Romaña MC et Goubier JN. Paralysie obstétricale du plexus brachial. Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Appareil locomoteur, 15-001-A-10, 2002, 9 p.
- [11] Bonnel F, Rabischong P. anatomie et systématisation du plexus brachial de l'adulte. Anat Clin 1980 ; 2 : 289-298
- [12] Frank H Netter. Atlas d'Anatomie Humaine. 5^e édition, MALOINE : planche 418

- [13]** Alnot j. Paralysies traumatiques du plexus brachial de l'adulte (symposium Sofcot 1975). Rev chirorthop 1977 ; 63 (suppl) : 17-125
- [14]** Lang j. An important variation of the brachial plexus. Complete fusion of the median and musculo-cutaneous nerve. BullHosp joint dis 1970; 31 : 7-13
- [15]** Barrette, Benoît. Facteurs cellulaires et moléculaires influençant la régénération axonale dans les systèmes nerveux central et périphérique. Université Laval, Collection Mémoires et thèses électroniques. chapitre 1 Anatomie, fonctions et populations cellulaires.
- [16]** Millesi H, Terzis JK. Problems of terminology in peripheral nerve surgery: committee report of the international society of Reconsructive Microsurgery. Microsurgery 1983; 4 : 516
- [17]** Narakas A. Surgical treatment of traction injuries of the brachial plexus. Clin Orthop Relat Res 1978(133):71-90.
- [18]** Herzberg G, Narakas A, Comtet JJ, Bouchet A, Carret JP. Microsurgical relations of the roots of the brachial plexus. Practical applications. Ann Chir Main 1985;4(2):120-33.
- [19]** Bonnel F. Microscopic anatomy of the adult human brachial plexus: an anatomical and histological basis for microsurgery. Microsurgery 1984;5(3):107-18.
- [20]** Totosy de Zepetnek JE, Zung HV, Erdebil S, Gordon T. Innervation ratio is an important determinant of force in normal and reinnervated rat tibialis anterior muscles. J Neurophysiol 1992;67(5): 1385-403.

- [21] Pruksakorn D, Sananpanich K, Khunamornpong S, Phudhichareonrat S, Chalidapong P. Posterior approach technique for accessory-suprascapular nerve transfer: a cadaveric study of the anatomical landmarks and number of myelinated axons. *Clin Anat* 2007;20(2):140-3.
- [22] Chuang DC. Nerve transfers in adult brachial plexus injuries: my methods. *Hand Clin* 2005;21(1): 71-82.
- [23] Uysal, II, Seker M, Karabulut AK, Buyukmumcu M, Ziylan T. Brachial plexus variations in human fetuses. *Neurosurgery* 2003;53(3):676-84; discussion 84.
- [24] J. Jachimowicz, Les variation du plexus brachial (résumé). *Mémoire Anatomique de l'Université Varsoviensis*. Vol 3, 1925.
- [25] Senecail B. Le plexus brachial de l'Homme. Reims: université de Reims, 1975.
- [26] AT. K. Brachial plexus of nerves in man. The variations in its formation and branches. *Am J Anat* 1918;23:285-95.
- [27] Jr SC, JK T, MT E, The quantitative microanatomy of the brachial plexus in man: Reconstructive relevance. Terzis J, ed. *Microreconstruction of Nerve Injuries*. Philadelphia: WB Saunders, 1987.
- [28] Kawai I, chapter I. Anatomy of the brachial plexus. Kawai I and Kawabata H, eds. *brachial plexus palsy*. singapore: Word Scientific Publishing Co, 2000.
- [29] Seddon HJ. Three types of nerve injury. *Brain* 1943 ; 66 :238-288
- [30] Jean-Noel Goubier, Frederic Teboul. Grading of Nerve Injuries. Part IV Nerves and Nerve Injuries Vol.2. chapter 38 p.605.
- [31] Pondaag W, van der Veken LP, van Someren PJ, van Dijk JG, Malessy MJ. Intraoperative nerve action and compound motor action potential recordings in patients with obstetric brachial plexus lesions. *J Neurosurg* 2008;109(5):946-54.
- [32] Metaizeau JP, Gayet L, Plenat F. Les lésions obstétricales du plexus brachial. *Chir Pédiatr* 1979 ; 20 : 159-163

- [33]** Michel Chammas, Fabien Lacombe, Bertrand Coulet. Traumatismes des nerfs périphériques. anatomie pathologique. la dégénérescence wallérienne du segment distal p.3.
- [34]** Pierre Journeau, Jerome cotaloda. orthopédie pédiatrique, membre supérieur. Orthopédie traumatologique de l'enfant. Masson. Région scapulaire P64.
- [35]** B.Coulet, M.Chammas, P.-A.Daussin et al. Dégénérescence et régénération des nerfs périphériques et des effecteurs musculaires et sensitifs. Lésions traumatiques des nerfs périphériques : de la réparation nerveuse directe aux interventions palliatives. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT, vol 95, éditions elsevier-masson, 2007, p24-37.
- [36]** Tessa Gordon. The Biology, Limits, and Promotion of Peripheral Nerve Regeneration in Rats and Humans. The Future of Peripheral Nerve Injury. s, Vol. 2
- [37]** C. Philandrianos , A. Baiada , B. Salazard , J. Benaïm , D. Casanova , G. Magalon , R. Legré . Traitement conservateur des paralysies obstétricales hautes du plexus brachial. Résultats à long terme chez 22 enfants. Annales de chirurgie plastique esthétique (2013) 58, 327—335.
- [38]** A. Gilbert. La réparation du plexus brachial dans les lésions obstétricales du nouveau-né. Archives de pédiatrie 15 (2008) 330–333.
- [39]** P. Wicart, R. Seringe, E. Mascard. Dépistage des affections orthopédiques à la naissance. EMC-Pédiatrie 2 (2005) 31–44.
- [40]** M-I. Vargasa, J. Beaulieub , M.-R. Magistrisc , D. Della Santab , J. Delavelle. Aspects cliniques, électroneuromyographiques et IRM des traumatismes du plexus brachial. Journal of Neuroradiology 34 (2007) 236–242.
- [41]** Sunderland S. A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function. Brain 1951 ; 74 : 491-516

- [42] A. Gilbert, G. Pivato. La paralysie obstétricale du nouveau-né : conduite à tenir et résultats du traitement. *Rev Neurol (Paris)* 2004 ; 160 : 12, 1230-1233.
- [43] Dautel G. Paralysies du plexus brachial de cause obstétricale : traitement chirurgical. *Ann Méd Est* 1994 ; 33 : 323-327.
- [44] Dumont CE, ForinV, AsfazadourianH, RomañaC. Function of the upper limb after surgery for obstetric brachial plexus palsy. *J Bone Joint Surg Br* 2001 ; 83 : 894-900.
- [45] Wellons JC III, Tubbs RS, Pugh JA, et al. Medial pectoral nerve to musculocutaneous nerve neurotization for the treatment of persistent birthrelated brachial plexus palsy: an 11-year institutional experience. *J Neurosurg Pediatr* 2009;3(5): 348–53.
- [46] Oberlin C, Beal D, Leechavengvongs S, Salon A, Dauge MC, Sarcy JJ. Nerve transfer to biceps muscle using a part of ulnar nerve for C5-C6 avulsion of the brachial plexus: anatomical study and report of four cases. *J Hand Surg Am* 1994;19(2):232-7.
- [47] Siqueira MG, Socolovsky M, Heise CO, et al. Efficacy and safety of Oberlin's procedure in the treatment of brachial plexus birth palsy. *Neurosurgery* 2012;71(6):1156–61.
- [48] Philippe Pelissier. Réparation et régénération nerveuse. Service de Chirurgie Plastique Centre F.X. Michelet CHU de Bordeaux www.e-plastic.fr. 2007.
- [49] Jose L Borrero. Brachial plexus injuries and obstetrical paralysis. Surgical technique chapter 19 Edited by Alain Gilbert MD Institut de la Main Paris, France Published in association with the Federation of European Societies for Surgery of the Hand 2003.
- [50] Nath RK, Mackinnon SE, Shenaq SM. New nerve transfers following peripheral nerve injuries. *Operative Techniques in Plastic and Reconstructive Surgery* 1997;4:2–11.

- [51]** D.B. Kouame, G.S.Y. Kouame, M. Sounkere, M. Koffi, E.R. Boka, T.H. Odehouri, J.B. Yaokreh, S. Tembely, A.G. Dieth, O. Ouattara, R. Dick. Résultats du traitement non opératoire des paralysies obstétricales du plexus brachial (POPB) au CHU de Yopougon : Abidjan Côte d'Ivoire. 0987-7983/© 2014 Elsevier Masson SAS.
- [52]** Camus M, Lefebvre G, Darbois Y. Obstetrical paralysis of the brachial plexus in breech presentation. *J Gynécol Obstét Biol Reprod* 1986 ; 15 : 1104-1106.
- [53]** Acker D, Sachs B, Friedmann E. Risk factor for shoulder dystocia. *Obstet Gynecol* 1985 ; 66 : 762-768.
- [54]** Schall J.P. et coll. "La Disproportion foeto-pelvienne", Mise à Jour en Gynécologie et Obstétrique, Collège National des Gynécologues et Obstétriciens Français, pg. 215-245, Vigot, Paris 1991.
- [55]** Camus M, Vauthier D, Lefebvre G, Veron P, Darbois Y. Retrospective study of 33 cases of obstetric paralysis of the brachial plexus. *J Gynécol Obstét Biol Reprod* 1988 ; 17 : 220-228.
- [56]** Saleh M. Shenaq, John Y. S. Kim, Arturo H. Armenta, Rahul K. Nath, Emily Cheng, Aldona Jedrysiak. (2004) The Surgical Treatment of Obstetric Brachial Plexus Palsy. *Plastic and Reconstructive Surgery* 113:4, 54e-67e.
- [57]** Gross S, Shime J, Farine D. Shoulder dystocia: predictors and outcome. *J Obstet Gynecol* 1987 ; 156 : 334-336.
- [58]** Rubin A. Birth injuries: incidence, mechanisms and end results. *Obstet Gynecol* 1964 ; 23 : 218-221.
- [59]** Ameziane L., Gilbert A., El Manouar M. Paralysie obstétricale du plexus brachial. *Médecine du Maghreb* 2001 n°87.
- [60]** Gilbert A, Pivato G, Kheiralla T. Long-term results of primary repair of brachial plexus lesions in children. *Microsurgery* 2006;26:334-42.

- [61]** Jones HR, Miller TA, Wilbourn A. Brachial and lumbosacral plexopathies: the medico-legal debate. In Jones HR, De Vivo DC, Darras BT, editors. Neuromuscular disorders of infancy, childhood and adolescence: a clinician's approach. Philadelphia: Butterworth-Heinemann, 2003:261.
- [62]** Gonik B, McCormick EM, Verweij BH, et al. The timing of congenital brachial plexus injury: a study of electromyography findings in the newborn piglet. *Am J Obstet Gynecol* 1998;178:688-95.
- [63]** Pitt M, Vredevelde JW. The role of electromyography in the management of the brachial plexus palsy of the newborn. *Clin Neurophysiol* 2005;116:1756-61.
- [64]** Doi K. Obstetric and traumatic pediatric palsy. In: Peimer CA, editor. *Surgery of the hand and upper extremity*. Vol. 2. New York: McGraw-Hill 1996:1443-63.
- [65]** Pollack RN, Buchman AS, Yaffe H, Divon MY. Obstetrical brachial palsy: pathogenesis, risk factors, and prevention. *Clin Obstet Gynecol* 2000;43:236-46.
- [66]** Dimitrios I. Zafeiriou and Katerina Psychogiou. Obstetrical Brachial Plexus Palsy. *Pediatric Neurology* Vol. 38 No. 4.
- [67]** Katherine Smith, Vaishali Pate. Congenital brachial plexus palsy. *Pediatrics and Child Health* (2016).
- [68]** Doi K, Otsuka K, Okamoto Y, et al. Cervical nerve root avulsion in brachial plexus injuries: magnetic resonance imaging classification and comparison with myelography and computerized tomography myelography. *J Neurosurg* 2002;96:277-84.
- [69]** Francel PC, Koby M, Park TS, et al. Fast spin-echo magnetic resonance imaging for radiological assessment of neonatal brachial plexus injury. *J Neurosurg* 1995;83:461-6.
- [70]** Abbott R, Abbott M, Alzate J, Lefton D. Magnetic resonance imaging of obstetrical brachial plexus injuries. *Childs Nerv Syst* 2004; 20:720-5.

- [71]** Boome RS, Kaye JC. Obstetric traction injuries of the brachial plexus. Natural history, indications for surgical repair and results. *J Bone Joint Surg Br* 1988; 70(4):571–6.
- [72]** Kline DG. Timing for brachial plexus injury: a personal experience. *Neurosurg Clin N Am* 2009;20(1):24-6, v.
- [73]** Tassin J-L. Paralysies obstétricales du plexus brachial, évolution spontanée. Résultats des interventions réparatrices précoces. Thèse de médecine, Paris VII Lariboisière, Saint-Louis, N° 270, 1983.
- [74]** Terzis JK, Vekris MD, Soucacos PN. Outcomes of brachial plexus reconstruction in 204 patients with devastating paralysis. *Plast Reconstr Surg* 1999;104(5):1221-40.
- [75]** Sedel L. Repair of severe traction lesions of the brachial plexus. *Clin Orthop Relat Res* 1988(237): 62-6.
- [76]** Gilbert A, Birch R, Brachial Plexus Injuries Peripheral Nerve Injuries. Benson M, Fixsen J, and Macnicol M, eds. *Children's Orthopaedics and Fractures*. London: Springer-Verlag, 2010.
- [77]** Alain Gilbert. Brachial plexus injuries and obstetrical paralysis. Indications and strategy. Chapter 20 Edited by Alain Gilbert MD Institut de la Main Paris, France Published in association with the Federation of European Societies for Surgery of the Hand 2003.
- [78]** Waters PM. Comparison of the natural history, the outcome of microsurgical repair, and the outcome of operative reconstruction in brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg Am*. 1999;81:649–59.
- [79]** Lin JC, Schwentker-Colizza A, Curtis CG, Clarke HM. Final results of grafting versus neurolysis in obstetrical brachial plexus palsy. *Plast Reconstr Surg*. 2009;123:939–48.

- [80]** El-Gammal TA, El-Sayed A, Kotb MM, et al. Total obstetric brachial plexus palsy: results and strategy of microsurgical reconstruction. *Microsurgery*. 2010;30:169-78.
- [81]** Tony Mickael Dinis. Prothèse nerveuse artificielle à partir de fibroïne de soie pour la réparation et la régénération de nerfs périphériques. *Biomatériaux*. Université de Technologie de Compiègne, 2014.
- [82]** Midha R. Emerging Techniques for Nerve Repair: Nerve Transfers and Nerve Guidance Tubes. Chapter 18, *Clinical Neurosurgery*, Volume 53, 2006.
- [83]** Peter F. Morgenstern. Brachial Plexus Injuries During Birth. *Common Neurosurgical Conditions in the Pediatric Practice*, 35-45/ (2017).
- [84]** Sunderland S, Ray L. The selection and use of autografts for bridging gaps in injured nerve. *Brain* 1947; 70:75.
- [85]** Linda Dvali, Susan Mackinnon. Nerve repair, grafting, and nerve transfers. *Clin Plastic Surg* 30 (2003) 203 – 221.
- [86]** Hanno Millesi, Robert Schmidhammer. Nerve Fiber Transfer by End-to-Side Coaptation. *Hand Clin* 24 (2008) 461–483.
- [87]** Chuang DC, Yeh MC, Wei FC. Intercostal nerve transfer of the musculocutaneous nerve in avulsed brachial plexus injuries: evaluation of 66 patients. *J Hand Surg* 1992;17A:822–8.
- [88]** Terzis JK, Barbitsioti A. Primary restoration of elbow flexion in adult post-traumatic plexopathy patients. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2012;65:72–84.
- [89]** Teboul F, Kakkar R, Ameur N, et al. Transfer of fascicles from the ulnar nerve to the nerve of the biceps in the treatment of upper brachial plexus palsy. *J Bone Joint Surg* 2004;86A:1485–90.
- [90]** Tsai YJ, Su FC, Hsiao CK, et al. Comparison of objective muscle strength in C5–6 and C5–7 brachial plexus injury patients after double nerve transfer. *Microsurgery* 2015;35:107–14.

- [91]** Mackinnon SE, Novak CB, Myckatyn TM, et al. Results of reinnervation of the biceps and brachialis muscles with a double fascicular transfer for elbow flexion. *J Hand Surg* 2005;30A:978–85
- [92]** Lundborg G. A 25-year perspective of peripheral nerve surgery: evolving neuroscientific concepts and clinical significance. *J Hand Surg* 2000;25A:391–414.
- [93]** Bertelli JA, Ghizoni MF. Reconstruction of C5 and C6 brachial plexus avulsion injury by multiple nerve transfers: spinal accessory to suprascapular, ulnar fascicles to biceps branch, and triceps long or lateral head branch to axillary nerve. *J Hand Surg [Am]*. 2004; 29: 131–9.
- [94]** Tse R, Marcus JR, Curtis CG, Dupuis A, Clarke HM. Suprascapular nerve reconstruction in obstetrical brachial plexus palsy: spinal accessory nerve transfer versus C5 root grafting. *Plast Reconstr Surg*. 2011;127:2391–6.
- [95]** Lisa Korus, Douglas C Ross, Christopher D Doherty, Thomas A Miller. Nerve transfers and neurotization in peripheral nerve injury, from surgery to rehabilitation. Korus L, et al. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2015;0:1–10.
- [96]** Rajiv Midha. Nerve Transfers for Severe Brachial Plexus Injuries. American Association of Neurological Surgeons. *Neurosurg Focus*. 2004; 16(5).
- [97]** Kawai H, Kawabata H, Masada K, et al: Nerve repairs for traumatic brachial plexus palsy with root avulsion. *Clin Orthop* 237:75–86, 1988.
- [98]** Malessy MJ, Bakker D, Dekker AJ, et al: Functional magnetic resonance imaging and control over the biceps muscle after intercostal-musculocutaneous nerve transfer. *J Neurosurg* 98:261–268, 2003.
- [99]** Midha R: Epidemiology of brachial plexus injuries in a multitrauma population. *Neurosurgery* 40:1182–1189, 1997.
- [100]** Ruch DS, Friedman A, Nunley JA: The restoration of elbow flexion with intercostal nerve transfers. *Clin Orthop* 314: 95–103, 1995.

- [101] Waikakul S, Wongtragul S, Vanadurongwan V: Restoration of elbow flexion in brachial plexus avulsion injury: comparing spinal accessory nerve transfer with intercostal nerve transfer. *J Hand Surg Am* 24:571–577, 1999.
- [102] Malessy MJ, Hoffmann CF, Thomeer RT: Initial report on the limited value of hypoglossal nerve transfer to treat brachial plexus root avulsions. *J Neurosurg* 91:601–604, 1999
- [103] Samardzic M, Rasulic L, Grujicic D, et al: Results of nerve transfers to the musculocutaneous and axillary nerves. *Neurosurgery* 46:93–103, 2000.
- [104] Luedemann W, Hamm M, Blomer U, Samii M, Tatagiba M: Brachial plexus neurotization with donor phrenic nerves and its effect on pulmonary function. *J Neurosurg* 96:523–526, 2002.
- [105] Samii A, Carvalho GA, Samii M: Brachial plexus injury: factors affecting functional outcome in spinal accessory nerve transfer for the restoration of elbow flexion. *J Neurosurg* 98: 307–312, 2003.
- [106] Midha R, Kline DG: Evaluation of the neuroma in continuity, in Omer GE Jr, Spinner M, Van Beek AL (eds): *Management of Peripheral Nerve Problems*, ed 2. Philadelphia: WB Saunders, 1998, pp 319–327.
- [107] Fu SY, Gordon T: Contributing factors to poor functional recovery after delayed nerve repair: prolonged denervation. *J Neurosci* 15:3886–3895, 1995.
- [108] Tse R, Kozin SH, Malessy MJ, Clarke HM. International Federation of Societies for Surgery of the Hand Committee report: the role of nerve transfers in the treatment of neonatal brachial plexus palsy. *J Hand Surg [Am]*. (2015);40:1246–59. Editorial that elaborates on the current controversy on the role of nerve transfers versus nerve grafting.
- [109] Terzis JK, Kostas I. Outcomes with suprascapular nerve reconstruction in obstetrical brachial plexus patients. *Plast Reconstr Surg*. 2008;121:1267–78.

- [110] Pondaag W, de Boer R, van Wijlen-Hempel MS, HofstedeBuitenhuis SM, Malessy MJ. External rotation as a result of suprascapular nerve neurotization in obstetric brachial plexus lesions. *Neurosurgery*. 2005;57:530–7. discussion 530–537.
- [111] Siqueira MG, Socolovsky M, Heise CO, Martins RS, Di Masi G. Efficacy and safety of Oberlin's procedure in the treatment of brachial plexus birth palsy. *Neurosurgery*. 2012;71:1156–60. Discussion 1161.
- [112] Al-Qattan MM, Al-Kharfy TM. Median nerve to biceps nerve transfer to restore elbow flexion in obstetric brachial plexus palsy. *Biomed Res Int*. 2014;2014:854084.
- [113] McRae MC, Borschel GH. Transfer of triceps motor branches of the radial nerve to the axillary nerve with or without other nerve transfers provides antigravity shoulder abduction in pediatric brachial plexus injury. *Hand (N Y)*. 2012;7:186–90.
- [114] El-Gammal TA, Abdel-Latif MM, Kotb MM, et al. Intercostal nerve transfer in infants with obstetric brachial plexus palsy. *Microsurgery*. 2008; 28:499–504.
- [115] Amr SM, Essam AM, Abdel-Meguid AM, Kholeif AM, Moharram AN, El-Sadek RE. Direct cord implantation in brachial plexus avulsions: revised technique using a single stage combined anterior (first) posterior (second) approach and end-to-side side to-side grafting neurorrhaphy. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj*. 2009;4:8.
- [116] Isaacs J, Allen D, Chen L, et al. Reverse end-to-side neurotization. *J Reconstr Microsurg* 2005;21:43–8.
- [117] Barbour J, Yee A, Mackinnon SE, et al. Supercharged end-to-side anterior interosseous to ulnar motor nerve transfer for intrinsic musculature reinnervation. *J Hand Surg* 2012;37A:2150–9.
- [118] Battiston B, Lanzetta M. Reconstruction of high ulnar nerve lesion by distal double median to ulnar nerve transfer. *J Hand Surg* 1999;24A:1185–91.

- [119] Yang W, Yang J, Yu C, et al. End-to-side neurotization with different donor nerves for treating brachial plexus injury: an experimental study in a rat model. *Muscle Nerve* 2014;50:67–72.
- [120] Lin JC, Schwentker-Colizza A, Curtis CG, Clarke HM. Final results of grafting versus neurolysis in obstetrical brachial plexus palsy. *Plast Reconstr Surg*. 2009;123(3):939-948.
- [121] Ladak A, Morhart M, O’Grady K, et al. Distal nerve transfers are effective in treating patients with upper trunk obstetrical brachial plexus injuries. *Plast Reconstr Surg*. 2013;132(6):985e-992e.
- [122] Filippo Sènès, Nunzio Catena, Jacopo Sènès. Nerve Transfer in Delayed Obstetrical Palsy Repair. *Journal of Brachial Plexus and Peripheral Nerve Injury* Vol. 10 No. 1/2015.
- [123] Gerhard Blaauw, Albert (Bart) CJ Slooff, and Robert S Muhlig. Brachial plexus injuries and obstetrical paralysis. Results of surgery after breech delivery. Chapter 22 Edited by Alain Gilbert MD Institut de la Main Paris, France Published in association with the Federation of European Societies for Surgery of the Hand 2003.
- [124] Al-Qattan MM. Obstetric brachial plexus palsy associated with breech delivery. *Annals of Plastic Surgery*: September 2003 - Volume 51 - Issue 3 - pp 257-264.
- [125] Mcneely P, Drake J. A systematic review of brachial plexus surgery for birth-related brachial plexus injury. *Pediatr Neurosurg* 2003; 38:57-62.
- [126] Waters P. The upper limb, *Pediatric Orthopaedics*. 5ème Ed Lippincott Williams et Wilkins 1996; 846-850.
- [127] Forin V, Romana C. Paralysie obstétricale du plexus brachial, *Encycl Méd Chir, Kinésithérapie-rééducation fonctionnelle*, 26-73-A-10,1996,9p.

- [128]** Christopher J. Coroneos, Sophocles H. Voineskos, Marie K. Coroneos, Noor Alolabi, Serge R. Goekjian, Lauren I. Willoughby, Achilleas Thoma, James R. Bain, Melissa C. Brouwers. Primary Nerve Repair for Obstetrical Brachial Plexus Injury: A Meta-Analysis. *Plastic and Reconstructive Surgery* • October (2015). Volume 136, Number 4 • Obstetrical Brachial Plexus Injury.
- [129]** Zuckerman SL, Allen LA, Broome C, et al. Functional outcomes of infants with Narakas grade 1 birth-related brachial plexus palsy undergoing neurotization compared with infants who did not require surgery. *Childs Nerv Syst*. 2016.
- [130]** Laurent JP, Lee R, Shenaq S, Parke JT, Solis IS, Kowalik L. Neurosurgical correction of upper brachial plexus birth injuries. *J Neurosurg*. 1993;79:197–203.
- [131]** Abzug JM, Kozin SH. Evaluation and management of brachial plexus birth palsy. *Orthop Clin North Am*. 2014;45:225–32
- [132]** Hentz VR, Meyer RD. Brachial plexus microsurgery in children. *Microsurgery*. 1991;12:175–85.
- [133]** Gilbert A. Long-term evaluation of brachial plexus surgery in obstetrical palsy. *Hand Clin* 1995 ; 11-4 : 583-94 ; discussion 94-5.
- [134]** Bensahel H, Bienaime B. La rééducation fonctionnelle dans la paralysie obstétricale du plexus brachial à la naissance. In : *Actualité en rééducation fonctionnelle et réadaptation*. Paris : Masson, 1986 : 182-186.
- [135]** Delprat J, Romain M. Place de l'électrothérapie dans les lésions traumatiques des nerfs périphériques du membre supérieur. In : *Paralysies nerveuses périphériques du membre supérieur*. Paris : Masson, 1991 : 151-157.
- [136]** MulloyEM, RamosLE. Special rehabilitation considerations in the management of obstetrical brachial plexus injuries. *Hand Clin* 1995 ; 11 : 619-622.
- [137]** Baiada A, Baiada C, Boyer J, Gadiollet J, Pontich H, Tourniaire H. Rééducation de la paralysie obstétricale du nouveau-né. *Ann Kinésithér* 1990 ; 17 : 275-278.

- [138]** André J, Salle J, Xenard J, Gable C. Rééducation sensitive dans les atteintes du système nerveux périphérique. Méd Phys 1991 ; 34 : 397-407.
- [139]** Rollnik JD, Hierner R, Schubert M, Shen ZL, Johannes S, Troger M, Wohlfarth K, Berger AC, Dengler R: Botulinum toxin treatment of cocontractions after birth-related brachial plexus lesions. Neurology 2000, 55:112-114.
- [140]** Heise CO, Lorenzetti L, Marchese AJ, Gherpelli JL: Motor conduction studies for prognostic assessment of obstetrical plexopathy. Muscle Nerve 2004, 30:451-455.
- [141]** DeMatteo C, Bain JR, Galea V, Gjertsen D: Botulinum toxin as an adjunct to motor learning therapy and surgery for obstetrical brachial plexus injury. Dev Med Child Neurol 2006, 48:245-252.
- [142]** Rahul K. Nath, Chandra Somasundaram. Surgical Management of Obstetric Brachial Plexus Palsy Secondary Deformities. Peripheral Neuropathy Chapter 4 : 75-88.
- [143]** Tim Hems. Brachial Plexus Injuries. Nerves and Nerve Injuries, Vol. 2. 2015 Elsevier Ltd. Chapter 44 : 681- 705.
- [144]** Kristin L. Buterbaugh, Apurva S. Shah. The natural history and management of brachial plexus birth palsy. Curr Rev Musculoskelet Med. Springer Science+Business Media New York 2016.
- [145]** Mukund R. Thatte, Rujuta Mehta. Obstetric brachial plexus injury. Indian Journal of Plastic Surgery September-December 2011 Vol 44 Issue 3.

Serment d'Hippocrate

Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.

- *Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.*
- *Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades sera mon premier but.*
- *Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.*
- *Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.*
- *Les médecins seront mes frères.*
- *Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.*
- *Je maintiendrai le respect de la vie humaine dès la conception.*
- *Même sous la menace, je n'userai pas de mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*
- *Je m'y engage librement et sur mon honneur.*

قسم أبقراط

بسم الله الرحمان الرحيم

أقسم بالله العظيم

في هذه اللحظة التي يتم فيها قبولي عضوا في المهنة الطبية أتعهد علانية:

- أبأن أكرس حياتي لخدمة الإنسانية.
 - وأبأن أأحترم أساتذتي وأأعترف لهم بالجميل الذي يستحقونه.
 - وأبأن أأمارس مهنتي بوانزع من ضميري وشر في جاعلا صحة مريض هدي في الأول.
 - وأبأن لا أفشي الأسرار المعهودة إلي.
 - وأبأن أأحافظ بكل ما لدي من وسائل على الشرف والتقاليد النبيلة لمهنة الطب.
 - وأبأن أأعتبر سائر الأطباء إخوة لي.
 - وأبأن أقوم بواجبي نحو مرضاي بدون أي اعتبار ديني أو وطني أو عرقي أو سياسي أو اجتماعي.
 - وأبأن أأحافظ بكل حزم على احترام الحياة الإنسانية منذ نشأتها.
 - وأبأن لا أستعمل معلوماتي الطبية بطريق يضر بحقوق الإنسان مهما لاقيت من تهديد.
 - بكل هذا أتعهد عن كامل اختياري ومقسما بالله.
- والله على ما أقول شهيد .

جامعة محمد الخامس - الرباط
كلية الطب والصيدلة بالرباط

أطروحة رقم: 194

سنة: 2017

**دور جراحة الأعصاب في إدارة علاج الشلل
التوليدي للضمفيرة العضدية
(بصدد 26 حالة مع مراجعة الأدبيات)**

أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم:

من طرف

الآنسة: رتيبة جنان

المزدادة في: 16 يناير 1992 بالرباط

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية: الشلل التوليدي للضمفيرة العضدية - جراحة الأعصاب - تجدد العصب -
زراع العصب - نقل الأعصاب.

تحت إشراف اللجنة المكونة من الأساتذة

رئيس

السيد: محمد حسن علمي

أستاذ في طب النساء والتوليد

مشرف

السيد: عبد الواحد عمراني

أستاذ في جراحة العظام والمفاصل عند الأطفال

السيد: مصطفى بوسوكة

أستاذ في جراحة العظام والمفاصل

السيدة: أمينة بركات

أستاذة في طب الأطفال

السيد: محمد أنور دندان

أستاذ في جراحة العظام والمفاصل عند الأطفال

أعضاء