

République Algérienne Démocratique et Populaire  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ⵜⴰⵎⴰⵎⴰⵏⵜ ⵏ ⵓⵏⵉⵎⵎⴰⵏ ⵏ ⵉⵏⵉⵎⵎⴰⵏ  
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD  
FACULTE DE MEDECINE  
DR. B. BENZERDJEB - TLEMSEN



جامعة أبو بكر بلقايد  
كلية الطب  
د.ب.بن زرجب – تلمسان

DEPARTEMENT DE MEDECINE

**PRISE EN CHARGE CHIRURGICALE DU PIED EQUIN RESPONSABLE DE  
RETRACTIONS MUSCULO-TENDINEUSES CHEZ L'ENFANT PARALYSE  
CEREBRAL MARCHANT OU A POTENTIEL DE MARCHE**

- ETUDE MULTICENTRIQUE -

**THESE**

Présentée pour l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Médicales en  
Chirurgie pédiatrique

Par :

**AZZOUZ Soumia Nassima**

Année universitaire  
2020-2021



République Algérienne Démocratique et Populaire  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ⵜⴰⵎⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ ⵏ ⵓⵎⵎⴰⵔⵉⵏ ⵏ ⵜⴰⵎⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ  
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD  
FACULTE DE MEDECINE  
DR. B. BENZERDJEB - TLEMCEM



جامعة أبو بكر بلقايد  
كلية الطب  
د.ب.بن زرجب – تلمسان

DEPARTEMENT DE MEDECINE

**PRISE EN CHARGE CHIRURGICALE DU PIED EQUIN RESPONSABLE DE  
RETRACTIONS MUSCULO-TENDINEUSES CHEZ L'ENFANT PARALYSE  
CEREBRAL MARCHANT OU A POTENTIEL DE MARCHE**

- ETUDE MULTICENTRIQUE -

**THESE**

Présentée pour l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Médicales en  
Chirurgie pédiatrique

Par :

**AZZOUZ Soumia Nassima**

**Devant le Jury Composé de :**

**Pr ACIMI Smain** : Président : faculté de médecine d'Oran  
**Pr DEHOU-MAHMOUDI F.A.** : Directrice : faculté de médecine d'Oran  
**Pr BENMANSOUR Mohamed** : Examineur : faculté de médecine de Tlemcen  
**Pr HENAOUI Latifa** : Examinatrice : faculté de médecine de Tlemcen  
**Pr ZERROUGA Halima** : Examinatrice : faculté de médecine d'Oran  
**Pr YAZI Aboubakr** : Examineur : faculté de médecine de Sidi-Bel-Abbès  
**Pr BENAIRED Amine** : Examineur : faculté de médecine d'Alger

**Année : 2020-2021**



## **Avant-propos**

*Au bon Dieu,*

*Tout puissant qui m'a inspiré et m'a guidé dans le bon chemin.*

*Je vous dois ce que je suis devenue.*

*Louanges et remerciements pour votre clémence et miséricorde.*

**DEDICACES**

**DU PROFOND DE MON CŒUR, JE DÉDIE CE TRAVAIL À TOUS CEUX QUI ME SONT CHERS**

**À LA MÉMOIRE DE MON PÈRE,**

**CE TRAVAIL EST DÉDIÉ À MON PÈRE, DÉCÉDÉ TROP TÔT, QUI M'A TOUJOURS POUSSÉ ET  
MOTIVÉ DANS MES ÉTUDES.**

**J'ESPÈRE, DU MONDE QUI EST SIEN MAINTENANT, IL APPRÉCIE CET HUMBLE GESTE  
COMME PREUVÉ DE RECONNAISSANCE DE LA PART D'UNE FILLE QUI A TOUJOURS PRIÉ  
POUR LE SALUT DE SON ÂME. PUISSE DIEU LE TOUT PUISSANT, L'AVOIR EN SA SAINTE  
MISÉRICORDE !**

**À MA CHÈRE MÈRE,**

**AUCUNE DÉDICACE NE SAURAIT EXPRIMER MON RESPECT, MON AMOUR ÉTERNEL ET MA  
CONSIDÉRATION POUR LES SACRIFICES QUE VOUS AVEZ CONSENTI POUR MON  
INSTRUCTION ET MON BIEN ÊTRE.**

**JE VOUS REMERCIE POUR TOUT LE SOUTIEN ET L'AMOUR QUE VOUS ME PORTEZ DEPUIS  
MON ENFANCE ET J'ESPÈRE QUE VOTRE BÉNÉDICTION M'ACCOMPAGNE TOUJOURS.**

**QUE CE MODESTE TRAVAIL SOIT L'EXAUCEMENT DE VOS VŒUX TANT FORMULÉS, LE  
FRUIT DE VOS INNOMBRABLES SACRIFICES. PUISSE DIEU, LE TRÈS HAUT, VOUS ACCORDER  
SANTÉ, BONHEUR ET LONGUE VIE.**

**À MON CHER ÉPOUX,**

**MERCI ÉNORMÉMENT POUR TON SOUTIEN PLUS QUE PRÉCIEUX, MERCI POUR TON GRAND  
CŒUR, ET TOUTES TES QUALITÉS QUI SERAIENT TROP LONGUES À ÉNUMÉRER. MA VIE NE  
SERAIT PAS AUSSI MAGIQUE SANS TA PRÉSENCE ET TON AMOUR.**

**À TOUS MES AMIS QUI SE RECONNAITRONT,**

**C'EST QUAND ON EST DANS LA DIFFICULTÉ QUE L'ON RECONNAIT LES VRAIS AMIS SUR  
LESQUELS ON PEUT COMPTER QUELS QUE SOIENT LA SITUATION ET LE MOMENT.**

**QUELQUES MOTS SINCÈRES AFIN DE VOUS REMERCIER POUR VOS SOUTIENS.**

**AVOIR DES AMIS SUR QUI COMPTER DANS LES MOMENTS DIFFICILES EST COMME UNE  
CADEAU DE L'EXISTENCE.**

**MERCI À VOUS D'ÊTRE MES AMIS.**

**DES AMIS DE GRANDE QUALITÉ SUR QUI COMPTER.**

**REMERCIEMENTS**

***À MA DIRECTRICE DE THÈSE,***

***MADAME DEHOU-MAHMOUDI F.A., PROFESSEUR DE CHIRURGIE ORTHOPÉDIQUE  
PÉDIATRIQUE.***

*JE NE SAURAI EXPRIMER ICI LE PROFOND RESPECT ET LA RECONNAISSANCE QUE*

*JE*

*VOUS DOIS POUR LA COMPÉTENCE, LA DISPONIBILITÉ ET LA GENTILLESSE DONT  
VOUS AVEZ*

*FAIT PREUVE EN M'ENCADRANT ET EN GUIDANT MES PAS TOUT AU LONG DE  
L'ÉLABORATION  
DE CE TRAVAIL.*

*VEUILLEZ AGRÉER, CHER MAÎTRE, L'EXPRESSION DE MA PROFONDE GRATITUDE  
ET DE MA  
GRANDE ADMIRATION.*

***À NOTRE MAÎTRE ET PRÉSIDENT DU JURY,***

***MONSIEUR S. ACIMI, PROFESSEUR DE CHIRURGIE PÉDIATRIQUE ET CHEF DE  
SERVICE DE CHIRURGIE VISCÉRALE INFANTILE À L'HÔPITAL D'ENFANTS DE  
CANASTEL ORAN.***

*NOUS VOUS REMERCIONS POUR L'HONNEUR QUE VOUS NOUS FAITES EN ACCEPTANT  
DE PRÉSIDER LE JURÝ DE CETTE THÈSE.*

*NOUS DEVONS À VOTRE ENSEIGNEMENT UNE GRANDE PARTIE DE NOS  
CONNAISSANCES EN CHIRURGIE INFANTILE.*

*VEUILLEZ CROIRE, CHER MAÎTRE, EN NOTRE PROFOND RESPECT ET À NOTRE  
GRANDE ESTIME.*

A NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE,  
**MONSIEUR M. BENMANSOUR**, PROFESSEUR EN MÉDECINE PHYSIQUE ET  
RÉADAPTATION.  
NOUS VOUS REMERCIONS POUR LA SPONTANÉITÉ ET LA GENTILLESSE AVEC  
LESQUELLES VOUS  
AVEZ ACCEPTÉ DE SIÉGER À NOTRE JURY.  
C'EST UN TRÈS GRAND HONNEUR QUE VOUS NOUS FAITES EN JUGANT CE  
MODESTE TRAVAIL.  
VEUILLEZ TROUVER ICI, CHER MAÎTRE, L'EXPRESSION DE NOTRE GRANDE  
RECONNAISSANCE ET  
DE NOTRE PROFOND RESPECT.

A NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE,  
**MONSIEUR A. YAZI**, PROFESSEUR DE TRAUMATOLOGIE-ORTHOPÉDIE PÉDIATRIQUE.  
C'EST POUR NOUS UN RÉEL PLAISIR ET UNE GRANDE FIERTÉ DE VOUS AVOIR  
PARMI LES  
MEMBRES DE NOTRE JURY.  
NOUS VOUS REMERCIONS D'AVOIR ACCEPTÉ DE JUGER CE MODESTE TRAVAIL.  
SOYEZ ASSURÉ, CHER MAÎTRE, DE NOTRE PROFOND RESPECT ET DE NOTRE  
SINCÈRE GRATITUDE.

A NOTRE MAÎTRE JUGE DE THESE,  
**MADAME HENAOUI L.**  
PROFESSEUR EN ÉPIDÉMIOLOGIE.  
AUCUNE EXPRESSION NE SAURAIT TÉMOIGNER DE NOTRE GRATITUDE  
ET DE LA GRANDE ESTIME QUE NOUS PORTONS À VOTRE PERSONNE.  
NOUS SOMMES TRÈS TOUCHÉS PAR L'HONNEUR QUE VOUS NOUS FAITES EN  
ACCEPTANT DE SIÉGER PARMI CE JURY.  
VOS ENCOURAGEMENTS, VOTRE DISPONIBILITÉ ET VOTRE GENTILLESSE,  
NE PEUVENT QUE SOLLICITER DE NOTRE PART SINCÈRE RECONNAISSANCE ET  
ADMIRATION.  
VEUILLEZ TROUVER DANS CE TRAVAIL L'EXPRESSION DE NOTRE PROFOND  
RESPECT.

NOTRE MAÎTRE JUGE DE THESE,  
MADAME **ZERROUGA H.** PROFESSEUR EN MÉDECINE PHYSIQUE ET RÉADAPTATION.  
VOUS NOUS FAITES UN GRAND HONNEUR EN ACCEPTANT DE VOUS ASSOCIER À  
NOTRE JURY DE THÈSE.  
CET HONNEUR NOUS TOUCHE INFINIMENT ET NOUS TENONS À VOUS EXPRIMER  
NOTRE PROFONDE RECONNAISSANCE.  
VOUS REPRÉSENTEZ POUR NOUS L'EXEMPLE DU PROFESSEUR AUX GRANDES  
QUALITÉS HUMAINES ET PROFESSIONNELLES.  
VOTRE COMPÉTENCE ET VOTRE DÉVOUEMENT SONT POUR NOUS UN EXEMPLE À  
SUIVRE DANS L'EXERCICE DE LA PROFESSION MÉDICALE.  
VEUILLEZ CROIRE, CHER MAÎTRE, À L'EXPRESSION DE NOTRE SINCÈRE  
RECONNAISSANCE ET NOTRE GRAND RESPECT.

NOTRE MAÎTRE JUGE DE THESE,  
MES REMERCIEMENTS LES PLUS DISTINGUÉS AU **PROFESSEUR A. BENAÏRED**, CHEF  
DE SERVICE DE CHIRURGIE PÉDIATRIQUE DE L'HCA POUR AVOIR ACCEPTÉ  
D'EXAMINER MON TRAVAIL ET VOULOIR FAIRE PARTIE DU JURY DE SOUTENANCE  
DE MA THÈSE.

JE TIENS À REMERCIER ET À EXPRIMER MA PROFONDE GRATITUDE À MADAME  
**MAHMOUDI H.**, PROFESSEUR CHEF DE SERVICE DE LA RADIOLOGIE CENTRALE DU  
CHU D'ORAN POUR SES ENCOURAGEMENTS, SON AIDE

PRÉCIEUSE, SES CRITIQUES PERTINENTES ET SES CONSEILS JUDICIEUX.

JE PRENDS AUSSI UN RÉEL PLAISIR À REMERCIER CHALEUREUSEMENT MONSIEUR  
**TALEB A.** PROFESSEUR CHEF DE SERVICE DE MÉDECINE DE TRAVAIL  
POUR SON  
AIDE, SON SOUTIEN PERMANENT ET ENCOURAGEMENT INCESSANTS.

AVANT-PROPOS.....	I
LISTE DE FIGURES .....	IX
LISTE DES TABLEAUX .....	IX
LISTE DES ABREVIATIONS .....	XI
<b>1. RAPPELS ANATOMIQUES.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Anatomie de l'unité motrice.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Anatomie descriptive de la jambe .....</b>	<b>6</b>
1.2.1. La jambe .....	6
1.2.1.1. La myologie de la jambe .....	6
1.2.1.2. Innervation de la jambe .....	12
1.2.2. Le pied .....	15
1.2.2.1. Myologie .....	15
1.2.2.2. Surfaces articulaires.....	18
1.2.2.3. Moyens d'union .....	19
<b>1.3. Anatomie fonctionnelle de la cheville.....</b>	<b>20</b>
<b>2. LA PARALYSIE CEREBRALE .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1. Définition.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2. Epidémiologie .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3. Etiopathogénie.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4. Physiopathologie des troubles orthopédiques .....</b>	<b>26</b>
2.4.1. Anomalies primaire .....	26
2.4.2. Les anomalies secondaires .....	28
2.4.3. Les anomalies tertiaires .....	29
<b>2.5. Diagnostic de la paralysie cérébrale.....</b>	<b>30</b>
2.5.1. Interrogatoire .....	30
2.5.2. Examen clinique .....	31
2.5.2.1. Examen neuromoteur .....	31
2.5.2.2. Bilan neurologique.....	31
2.5.3. Formes cliniques de la paralysie cérébrale .....	35
<b>3. LE PIED EQUIN CHEZ LE PARALYSE CEREBRAL .....</b>	<b>41</b>

<b>3.1.</b>	<b>Définition.....</b>	<b>41</b>
<b>3.2.</b>	<b>Différents types de pied équin.....</b>	<b>42</b>
3.2.1.	Pieds équins non neurologiques .....	42
3.2.2.	Pieds équins neurologiques .....	43
<b>3.3.</b>	<b>Physiopathologie du pied équin spastique .....</b>	<b>45</b>
<b>3.4.</b>	<b>Classification du pied équin du paralysé cérébral.....</b>	<b>52</b>
<b>3.5.</b>	<b>Examen clinique du pied équin .....</b>	<b>54</b>
<b>3.6.</b>	<b>Examens para cliniques .....</b>	<b>60</b>
3.6.1.	Radiographie de la cheville et du pied .....	60
3.6.2.	Les autres radiographies .....	61
<b>3.7.</b>	<b>Retentissement du pied équin.....</b>	<b>63</b>
3.7.1.	Sur la statique.....	63
3.7.1.1.	Sur le pied lui-même .....	63
3.7.1.2.	Sur les articulations sus jacentes .....	64
3.7.2.	Sur la dynamique.....	65
3.7.2.1.	Marche normale .....	66
3.7.2.2.	Marche du paralysé cérébral .....	73
<b>4.</b>	<b>METHODES THERAPEUTIQUES.....</b>	<b>83</b>
<b>4.1.</b>	<b>Traitement orthopédique.....</b>	<b>84</b>
4.1.1.	La kinésithérapie et la rééducation motrice.....	84
4.1.2.	Les plâtres et orthèses .....	85
<b>4.2.</b>	<b>Traitement chirurgical .....</b>	<b>87</b>
4.2.1.	Chirurgie des parties molles : musculo-tendineuse .....	89
4.2.1.1.	Chirurgie du triceps sural .....	89
4.2.1.2.	Allongement du tibial postérieur .....	98
4.2.1.3.	Transfert et Allongement du tendon tibial Postérieur .....	98
4.2.1.4.	Hémi transfert du tendon du muscle tibial antérieur .....	99
4.2.1.5.	La ténotomie des fléchisseurs des orteils et du fléchisseur de l'hallux .....	99
4.2.1.6.	Chirurgie des muscles ischio-jambiers.....	99
4.2.1.7.	Chirurgie du biceps fémoral.....	101
4.2.1.8.	Raccourcissement du ligament patellaire et l'abaissement de la patella.....	101
4.2.1.9.	Chirurgie du psoas .....	101
4.2.1.10.	Chirurgie des adducteurs.....	101
4.2.2.	Chirurgie ostéo-articulaire .....	102
4.2.2.1.	Ostéotomie de dérotation fémorale.....	102
4.2.2.2.	Ostéotomie fémorale basse de déflexion .....	102
4.2.2.3.	Ostéotomie de dérotation tibiale .....	103
4.2.2.4.	Ostéotomies du calcaneus de Dwyer.....	104
4.2.2.5.	Allongement du bord latéral du pied ou ostéotomie d'Evans .....	104
4.2.2.6.	Intervention de Grice et du « cavalier » .....	104
4.2.2.7.	Chirurgie du premier rayon : hallux valgus .....	105

4.2.3.	Traitement des déformations sévères du pied .....	105
4.2.3.1.	Double arthrodèse d'après Maskill.....	105
4.2.3.2.	Arthrodèse de Lambrinudi.....	106
4.2.4.	La chirurgie multi site.....	106
4.2.5.	Neurotomies périphériques .....	107
<b>4.3.</b>	<b>Evaluation et gestion de la douleur postopératoire.....</b>	<b>110</b>
<b>5.</b>	<b>MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>116</b>
<b>5.1.</b>	<b>Type de l'étude .....</b>	<b>116</b>
<b>5.2.</b>	<b>Objectifs .....</b>	<b>116</b>
5.2.1.	Objectif principal .....	116
5.2.2.	Objectifs secondaires .....	116
5.2.3.	Buts .....	116
<b>5.3.</b>	<b>Population .....</b>	<b>116</b>
5.3.1.	Critères d'inclusion.....	117
5.3.2.	Critères de non inclusion.....	117
<b>5.4.</b>	<b>Ethique .....</b>	<b>118</b>
<b>5.5.</b>	<b>Méthodes et moyens .....</b>	<b>118</b>
5.5.1.	Déroulement de l'étude.....	118
5.5.2.	Consultation pluri-disciplinaire .....	118
5.5.3.	Diagnostic.....	119
5.5.3.1.	Clinique .....	119
5.5.3.2.	Radiologique .....	129
5.5.3.3.	Neuromécanique .....	132
5.5.4.	TRAITEMENT.....	135
5.5.5.	Gestion de la douleur postopératoire.....	151
5.5.6.	Suivi et durée du traitement post-opératoire.....	151
5.5.6.1.	Immobilisation post opératoire immédiate.....	151
5.5.6.2.	Immobilisation et appareillage postopératoires.....	152
5.5.6.3.	Rééducation postopératoire .....	153
5.5.6.4.	Situation particulière .....	155
5.5.7.	Critères de jugement.....	158
5.5.7.1.	Cliniques.....	158
5.5.7.2.	Radiologiques.....	159
5.5.7.3.	Neuromécaniques.....	159
5.5.8.	Collecte des données des patients.....	160
5.5.8.1.	Questionnaire .....	160
5.5.8.2.	Calcul de la taille de l'échantillon .....	161
5.5.8.3.	Analyse des données .....	161
<b>6.</b>	<b>RESULTATS.....</b>	<b>165</b>
<b>6.1.</b>	<b>Description de la série .....</b>	<b>165</b>

<b>6.2. Etude épidémiologique .....</b>	<b>167</b>
6.2.1. Répartition selon le sexe .....	167
6.2.2. Répartition selon l'âge .....	167
6.2.2.1. Répartition selon l'âge moyen de consultation selon le sexe.....	167
6.2.2.2. Répartition par tranche d'âge.....	168
6.2.3. Répartition selon l'origine géographique.....	169
6.2.4. Répartition selon le niveau socio économique .....	170
<b>6.3. Etude clinique .....</b>	<b>171</b>
6.3.1. Interrogatoire.....	171
6.3.1.1. Répartition selon les antécédents .....	171
6.3.1.2. Répartition selon le motif de consultation .....	172
6.3.2. Examen physique .....	173
6.3.2.1. Selon le côté atteint.....	173
6.3.2.2. Répartition en fonction de la latéralité.....	174
6.3.2.3. Répartition selon le type de la paralysie cérébrale.....	174
6.3.2.4. Répartition selon la forme clinique de l'atteinte .....	175
6.3.2.5. Répartition selon l'autonomie du patient.....	175
6.3.2.6. Répartition des patients selon la forme de la paralysie cérébrale et le GMF-CS.....	176
6.3.2.7. Répartition selon le schéma de marche chez le paralysé cérébral .....	176
6.3.2.8. Répartition du schéma de marche selon l'autonomie (GMF-CS) chez le paralysé cérébral ....	178
6.3.2.9. Analyse des résultats du pied l'équin .....	179
6.3.2.10. Répartition selon le type des atteintes associées .....	180
6.3.3. TRAITEMENT.....	202
6.3.3.1. Répartition selon le lieu de l'intervention chirurgicale.....	202
6.3.3.2. Répartition selon les indications thérapeutiques .....	202
6.3.3.3. Répartition selon le geste chirurgical réalisé pour traiter l'équinisme du pied .....	203
6.3.3.4. Répartition des techniques chirurgicales pour la correction de l'équin en fonction des données cliniques	204
6.3.3.5. Répartition selon le geste chirurgical réalisé pour traiter les atteintes associées.....	206
6.3.4. Répartition selon les résultats post opératoires .....	208
6.3.4.1. Répartition selon la correction de l'équinisme du pied .....	208
6.3.4.2. Evaluation du traitement des atteintes associées à l'équinisme du pied .....	211
6.3.4.3. Evaluation selon le schéma de la marche .....	221
6.3.4.4. Evolution fonctionnelle selon le GMF-CS.....	222
6.3.4.5. Rééducation postopératoire .....	223
6.3.4.6. Injections de toxine botulique post opératoire .....	224
6.3.4.7. Evaluation postopératoire à court terme (3 mois) .....	224
6.3.4.8. Evaluation à moyen terme (6 mois).....	225
<b>6.4. Complications .....</b>	<b>225</b>
6.4.1. Complication pour notre chirurgie.....	225
6.4.1.1. Compression sous plâtre.....	226
6.4.1.2. Echec du traitement.....	226
6.4.1.3. Récidive de l'équinisme du pied .....	226
6.4.2. Complications communes à toute chirurgie .....	227
<b>7. DISCUSSION .....</b>	<b>230</b>
<b>7.1. Sur le plan épidémiologique .....</b>	<b>230</b>
7.1.1. Le sexe .....	230

7.1.2.	L'âge de la chirurgie .....	230
7.1.3.	Selon l'origine géographique .....	231
7.1.4.	Selon les antécédents.....	231
<b>7.2.</b>	<b>Sur le plan clinique .....</b>	<b>234</b>
7.2.1.	Selon le type de la paralysie cérébrale.....	234
7.2.2.	Selon la forme clinique de la paralysie cérébrale.....	236
7.2.3.	Selon l'autonomie du patient (GMF-CS).....	238
7.2.4.	Selon le schéma de marche .....	241
7.2.5.	Lésions anatomiques du membre inférieur .....	242
7.2.5.1.	Le pied équin isolé .....	242
7.2.5.2.	Les atteintes associées.....	243
<b>7.3.</b>	<b>Traitement .....</b>	<b>248</b>
7.3.1.	Selon l'âge de l'acte chirurgical .....	248
7.3.2.	Selon les techniques de chirurgie du pied équin.....	251
7.3.2.1.	Interventions en zone 3 (distale) .....	251
7.3.2.2.	Interventions en zone 2 (moyenne).....	252
7.3.2.3.	Intervention en zone 1 (proximal) : technique de Strayer .....	254
7.3.3.	Techniques de chirurgie des atteintes associées .....	254
7.3.3.1.	Atteintes associées influençant l'équinisme du pied .....	254
7.3.3.2.	Traitement des atteintes associées n'influençant pas l'équinisme du pied .....	256
7.3.4.	Discussion de la chirurgie multisite .....	262
7.3.5.	Discussion selon la consultation et la prise en charge pluridisciplinaire.....	270
7.3.6.	Discussion selon la rééducation post-opératoire .....	272
<b>7.4.</b>	<b>Complications post-opératoires .....</b>	<b>273</b>
7.4.1.	Propres à notre chirurgie .....	273
7.4.1.1.	Récidive de l'équinisme du pied .....	273
7.4.1.2.	Echec au traitement chirurgical .....	274
7.4.1.3.	La marche calcanéenne .....	276
7.4.2.	Communes à toute chirurgie orthopédique.....	276
<b>7.5.</b>	<b>Limites de l'étude.....</b>	<b>277</b>

## Liste de figures

Figure 1: Le muscle tibial antérieur .....	6
Figure 2: Long extenseur de l'hallux.....	7
Figure 3: Long extenseur des orteils .....	7
Figure 4: Muscle 3ème fibulaire .....	7
Figure 5: Muscle court fibulaire .....	8
Figure 6: Muscle long fibulaire .....	8
Figure 7: Muscle triceps sural droit .....	10
Figure 8: Torsion des fibres du tendon calcanéen .....	10
Figure 9: Muscle poplité .....	11
Figure 10: long fléchisseur des orteils .....	11
Figure 11: Vue supérieure du creux poplité .....	13
Figure 12: Nerf tibial et branches collatérales .....	14
Figure 13: Coupe frontale de l'articulation talo-crurale.....	18
Figure 14: L'inhibition réciproque à une contraction musculaire .....	27
Figure 15: formes cliniques de la paralysie cérébrale .....	37
Figure 16: Topographie et étendue de la lésion cérébrale.....	37
Figure 17: Sous-types de paralysies cérébrales en fonction de la symptomatologie neurologique .	38
Figure 18: pied équin .....	42
Figure 19: Les différents diagnostics d'une marche digitigrade.....	44
Figure 20 : <i>Diagramme conceptuel résumant les relations entre la lésion cérébrale et les conséquences cliniques au niveau de l'articulation de la cheville et fonctionnelles au niveau du schéma de marche.....</i>	51
Figure 21: pieds équin simulés .....	52
Figure 22: Manœuvre de Silfverskiold .....	54
Figure 23 : pied équin sur podoscope .....	57
Figure 24: une radiographie du genou de profil .....	62
Figure 25: Radiographies avec mesures des indices Caton-Deschamps (normal : 0,6-1,3), Blackburne-Peel (normal 0,8-1,0) et Koshino-Sugimoto (normal : 0,99-1,2) .....	63
Figure 26: Les niveaux de la classification GMFCS.....	65
Figure 27: Cycle de marche pour le membre inférieur gauche .....	69
Figure 28: Méthodes d'analyse de la marche, d'après Gasq, Molinier et Lafosse (2009).....	70
Figure 29: Classification de la marche de l'hémiplégique spastique selon Winter (53).....	76
Figure 30: Classification de la marche du diplégique spastique selon Rodda et Graham (2001/2004) .....	78
Figure 31: Techniques chirurgicales d'allongement du gastroc-soléus basées sur la classification zonale de l'unité muscle-tendon gastroc-soléus .....	90
Figure 32: La technique de l'hémisection triple percutanée (Hoke).....	92
Figure 33: Récession gastrocnémienne selon Baker.....	93
Figure 34: Temps opératoires pour l'allongement sélectif de Strayer.....	94
Figure 35: Vue médiale de l'aponévrose distale du muscle gastrocnémien .....	95
Figure 36: Technique de Baumann et Koch .....	95
Figure 37: Technique de Silfverskiold .....	96
Figure 38: Section des fibres blanches des gastrocnémiens .....	96
Figure 39: Fasciotomie de la tête médiale du gastrocnémien .....	97
Figure 40: Récession endoscopique de la moitié de l'aponévrose gastrocnémienne.....	98

Figure 41: Récession endoscopique totale de l'aponévrose gastrocnémienne.....	98	
Figure 42 : Mise en rotation neutre du pied.....	103	
Figure 43: Arthrode de Lambrinudi : Ostéotomie triangulaire à base antérieure.....	106	
Figure 44: Les différents types de neurectomies.....	107	
Figure 45: évaluation de la douleur chez l'enfant.....	111	
Figure 46: amplitudes articulaires passives des autres articulations du membre inférieur.....	122	
Figure 47: Ely test positif.....	123	
Figure 48: limitation de l'abduction de la hanche droite.....	125	
Figure 49: Méthode de Netter.....	126	
Figure 50: Mesure de l'angle poplité par la méthode anglosaxonne.....	128	
Figure 51: Mesure de l'angle poplité par la méthode française.....	128	
Figure 52: indice de Caton.....	131	
Figure 53: les indications du traitement chirurgical selon le test de Silfverskiold.....	137	
Figure 54: allongement du tendon d'Achille par la technique de HOKE.....	139	
Figure 55: Étapes techniques de l'allongement en "Z" du tendon du calcaneum.....	140	
Figure 56: technique de Vulpius.....	140	
Figure 57: technique de Baker.....	141	
Figure 58: immobilisation postopératoire par plâtre cruro pédieux.....	142	
Figure 59: Installation et champage opératoire d'une neurotomie tibiale droite.....	143	
Figure 60: Incision en baïonnette	Figure 61: Incision horizontale.....	143
Figure 62: Vue opératoire du nerf tibial avec les différentes branches de distributions.....	144	
Figure 63: ténotomie des adducteurs.....	145	
Figure 64: ténotomie proximale du droit fémoral.....	146	
Figure 65: Ténotomie des ischio-jambiers.....	147	
Figure 66: Images peropératoires de la technique chirurgicale. (a) Fente dans le plan sagittal (b) Laissant la moitié postérieure intacte et la moitié antérieure est raccourcie en palteau. (c et d) La partie antérieure du tendon a été raccourcie de 2 à 3 cm et réparée.....	149	
Figure 67: ostéotomie de dérotation interne du segment jambier.....	150	
Figure 68: orthèses type AFO (Ankle Foot Orthese).....	157	
Figure 69: flessum du genou (iconographie personnelle).....	183	
Figure 70: pied plano-valgus avec hallux valgus.....	207	
Figure 71: divergence astragalo-calcaneenne et astragale-M1.....	207	
Figure 72: radiographie de contrôle d'une ostéotomie de dérotation interne du segment jambier.....	218	
Figure 73: Proportion de la paralysie cérébrale et de toutes les naissances selon âge gestationnel.....	232	
Figure 74: Capacité à la marche. Données Réseau SCPE.....	240	
Figure 76: Répartition des GMF-CS en fonction des formes de la paralysie cérébrale.....	241	
Figure 76: rotation fémorale bilatérale chez une enfant quadriplégique.....	245	
Figure 77: abaissement de la rotule.....	258	
Figure 78: ostéotomie de dérotation interne du tibia.....	259	
Figure 79: pied plat opéré par opération de Cavalier.....	261	
Figure 80: Changement individuel du score de profil de marche (GPS) entre le niveau de référence et le suivi à long terme après une chirurgie multi site.....	266	

## Liste des tableaux

Tableau 1: Echelle d' Ashworth modifiée Bohannon .....	33
Tableau 2: Echelle de Tardieu.....	34
Tableau 3: Echelle de Dogan .....	56
Tableau 4: Analyse visuelle de la marche en utilisant des questions ciblées.....	72
Tableau 5: Echelle de TARDIEU .....	120
Tableau 6: Répartition selon le sexe .....	167
Tableau 7: Répartition selon l'âge moyen de consultation selon le sexe.....	167
Tableau 8: répartition selon l'origine.....	169
Tableau 9: Répartition selon les antécédents .....	171
Tableau 10: répartition selon le motif de consultation.....	173
Tableau 11 : Répartition selon le côté atteint dans l'atteinte unilatérale .....	173
Tableau 12: Répartition en fonction de la latéralité de l'atteinte .....	174
Tableau 13: Répartition selon le type de paralysie cérébrale.....	174
Tableau 14: Répartition selon la forme clinique de l'atteinte .....	175
Tableau 15: Répartition selon l'autonomie .....	175
Tableau 16: répartition des patients selon la forme de la paralysie cérébrale et le GMF-CS.....	176
Tableau 17 : Répartition selon le schéma de marche chez l'hémiplégique.....	177
Tableau 18: Répartition selon le schéma de marche du diplégique .....	177
Tableau 19: Répartition du schéma de marche de l'hémiplégique en fonction de l'autonomie de marche .....	178
Tableau 20: Répartition du schéma de marche du diplégique en fonction de l'autonomie de marche .....	178
Tableau 21: Répartition en fonction de l'angle de flexion dorsale de la cheville .....	180
Tableau 22: Répartition selon le test de Silfverskiold .....	180
Tableau 23: Répartition selon le type des atteintes associées .....	181
Tableau 24: Répartition des atteintes associées influençant l'équin .....	181
Tableau 25: Répartition de la limitation d'abduction de la hanche en fonction de la forme de la paralysie cérébrale .....	182
Tableau 26: Répartition selon l'angle poplité.....	183
Tableau 27: Répartition selon les atteintes associées n'influençant pas l'équinisme du pied.....	184
Tableau 28: Répartition selon l'antéversion fémorale.....	184
Tableau 29: Répartition selon l'ascension de la rotule .....	185
Tableau 30: Répartition de la patella alta selon la forme clinique de la paralysie cérébrale.....	185
Tableau 31: Répartition des patella alta selon le GMF-CS .....	186
Tableau 32: Répartition selon l'excès de rotation externe du segment jambier .....	186
Tableau 33: Répartition selon l'excès de rotation tibiale externe selon la forme clinique de la paralysie cérébrale .....	187
Tableau 34: Répartition du pied cavo varus selon la sévérité .....	187
Tableau 35: Répartition des pieds cavo-varus selon la forme clinique de la paralysie cérébrale ...	188
Tableau 36: Répartition du pied plano-valgus selon l'autonomie de la marche.....	188
<i>Tableau 37: Répartition des pieds plano-valgus selon la forme clinique de la paralysie cérébrale</i>	189
Tableau 38: Répartition de l'hallux valgus selon la forme de la paralysie cérébrale.....	189
Tableau 39: Répartition selon le lieu de l'intervention.....	202
Tableau 40: Répartition selon la technique chirurgicale.....	203
Tableau 41: Répartition selon les gestes chirurgicaux pour la correction de l'équinisme du pied .	204
Tableau 42: Répartition selon le geste chirurgical réalisé pour traiter les atteintes associées.....	206

Tableau 43: Répartition selon la flexion dorsale de la cheville à 3 mois post-opératoire .....	210
Tableau 44: Répartition selon la flexion dorsale de la cheville à 6 mois post-opératoire .....	211
Tableau 45: Evaluation du traitement du flessum de la hanche .....	213
Tableau 46: Evaluation du traitement de l'antéversion pelvienne .....	214
Tableau 47: Résultats postopératoires du traitement de l'adduction de la hanche.....	214
Tableau 48: Ténotomie des adducteurs en fonction de l'âge .....	215
Tableau 49: Evaluation du flessum du genou après la ténotomie des ischio jambiers .....	215
Tableau 50: Evaluation de l'antéversion fémorale après ostéotomie de dérotation fémorale .....	216
Tableau 51: Evaluation de l'abaissement de rotule .....	217
Tableau 52: Evaluation de l'endorotation du segment jambier .....	217
Tableau 53: Ostéotomie d'endorotation tibiale selon l'âge .....	218
Tableau 54: Evaluation du traitement chirurgical du pied cavo varus .....	219
Tableau 55: Répartition des interventions chirurgicales du pied cavo varus selon l'âge .....	220
Tableau 56: Evaluation du traitement chirurgical du pied plano-valgus.....	221
Tableau 57: Durée moyenne de rééducation postopératoire en fonction de l'âge .....	223
Tableau 58: Durée moyenne de rééducation selon la forme de la paralysie cérébrale .....	223
Tableau 59: Evaluation des résultats à court terme (3mois) .....	224
Tableau 60: Evaluation des résultats à moyen terme (6mois).....	225
Tableau 61: complications pour notre chirurgie .....	225
Tableau 62: répartition de la population d'étude selon l'âge de la chirurgie .....	231
Tableau 63: Les facteurs de risque de la paralysie cérébrale.....	232
Tableau 64: Sous-types et distribution de la paralysie cérébrale selon Himpens E.....	235
Tableau 65 : Comparaison des formes de paralysie cérébrale .....	236
Tableau 66: Répartition des types de paralysie cérébrale .....	237
Tableau 67: Répartition selon le type de la paralysie cérébrale.....	237
Tableau 68: Répartition selon l'autonomie de l'enfant (GMF-CS).....	238
Tableau 69: Répartition des enfants paralysés cérébraux en fonction de la capacité de marche (GMF-CS).....	239
Tableau 70: répartition selon le schéma de marche .....	241
Tableau 71: volet d'abduction de la hanche en fonction du sous type de la paralysie cérébrale et du GMF-CS.....	244
Tableau 72: récurrence de l'équinisme du pied en fonction de l'âge de la chirurgie .....	249
Tableau 73: Age moyen d'intervention du pied équin.....	250
Tableau 74: Articles sur la chirurgie multi-niveaux à événement unique .....	263
Tableau 75: Modifications des paramètres de distance temporelle après SEMLS .....	265
Tableau 76: Spasticité (échelle d'Ashworth), force musculaire (échelle du Conseil de recherches médicales) et amplitude de mouvement passive de la cheville (médiane) après la neurotomie tibiale sélective .....	275

## Liste des abréviations

**AQM** : Analyse Quantifiée de la Marche  
**CP** : paralysie cérébrale  
**CCAM** : Classification Commune des Actes Médicaux  
**EVA** : échelle visuelle analogique  
**FAO** : Foot Ankle Orthosis  
**FDO** : ostéotomie de dérotation fémorale  
**FMS** : Functional Mobility Scals  
**FNH** : Fibre Neuromusculaire  
**GE** : Gastrocnémien  
**GMF-CS** : Gross Motor Function Classification System  
**GSE** : Gastrocnémus-Soléus  
**HAS** : Haute Autorité de Santé  
**IC** : indice de Caton-Deschamps  
**IN** : interneurone  
**INSERM** : Institut Nationale de la Santé et de la Recherche Médicale  
**IRM** : Imagerie par Résonance Magnétique  
**IVH** : hémorragie intraventriculaire  
**MN** : motoneurone  
**M** : métatarse  
**NEM** : Niveaux d'Evolution Motrice  
**P** : phalange  
**PVL** : péri ventriculaire  
**SCPE** : Surveillance de la Paralysie Cérébrale en Europe  
**SEMLS** : Single Event Multilevel Surgery  
**TDM** : tomodensitométrie  
**TDO** : ostéotomie de dérotation tibiale  
**TTA** : tubérosité tibiale antérieure  
**WISC** : Wechsler Preschool Primary Scale Intelligence  
**Wee-FIM**: wee-Functional Independence Measure

# **PARTIE THEORIQUE**

## ***Introduction***

L'équin constitue la déformation du pied la plus fréquemment retrouvée chez les enfants atteints d'une paralysie cérébrale, il apparaît dès que l'enfant commence à marcher. Il s'agit d'une limitation de la flexion dorsale de la cheville empêchant un appui plantigrade avec incapacité du pied à poser son talon sur la surface d'appui, sans avoir besoin d'une biomécanique compensatrice du membre inférieur et du pied.

C'est la déformation la plus courante chez les enfants atteints de paralysie cérébrale (PC) avec une prévalence de 83,3% dans l'enquête de Rutz E publiée en 2020 (1) sur les enfants atteints de paralysie cérébrale spastique bilatérale.

Il est la conséquence de plusieurs troubles parfois associés : un déséquilibre musculaire, une spasticité et une rétraction des muscles de la cheville et/ou des articulations sus-jacentes, il est dû à un déséquilibre entre les releveurs et les fléchisseurs du pied.

L'équin fait partie des altérations du schéma de marche dues à la spasticité puis aux rétractions.

La paralysie cérébrale (PC) est définie comme un groupe hétérogène de troubles neuromoteurs qui affectent le cerveau des nouveau-nés ou des fœtus en développement et qui surviennent à un âge précoce de manière non progressive. Elle est l'une des causes les plus fréquentes d'incapacité physique chez les enfants, et touche 2,11 pour 1000 naissances vivantes (2).

La prise en charge chirurgicale du pied équin ne se fait qu'après échec des traitements médical et médicamenteux ; les techniques chirurgicales associent des gestes tendineux, osseux et/ou neurologiques.

Le traitement de première intention du pied équin reste le traitement de la spasticité qui associe en général des méthodes physiques par la kinésithérapie et médicamenteux par injection de toxine botulique dans les muscles jugés responsables de la déformation.

En seconde intention, intervient le traitement chirurgical comprenant deux volets distincts :

- Des techniques chirurgicales visant à corriger les rétractions musculo-tendineuses et des déformations orthopédiques qui se sont installées. Les arthrodèses et les ostéotomies ne sont indiquées que dans les grandes déformations orthopédiques.
- Les neurotomies sélectives des branches motrices du nerf tibial qui a pour principe de diminuer la spasticité sans toucher à la force motrice, jugées à l'origine du pied équin.

Le pied équin est un handicap moteur qui a également un coût financier pour les familles et la société. Il comprend des dépenses supplémentaires pour les soins médicaux et les équipements spécifiques, mais aussi une diminution des revenus selon l'adaptation de l'activité professionnelle des parents. Cette situation financière modifie le mode de vie de la famille (3).

A l'école, l'élève en situation de handicap moteur est susceptible de rencontrer de nombreuses difficultés :

- Difficultés motrices : des maladresses gestuelles vont poser souci dans la manipulation (dessin, mesure), et surtout pour l'écriture. Cette particularité de leur scolarité est accentuée lors des séances d'éducation physique, où l'élève peut avoir des difficultés causées par son handicap.

- Difficultés cognitives : concentration et mémorisation limitée

- Difficultés psychologiques : manque de confiance en soi (problème d'estime de soi), peur de ne pas réussir, manque d'autonomie, faible motivation.

En Algérie, aucune étude n'a été publiée concernant la prise en charge chirurgicale du pied équin du paralysé cérébral, il n'y a pas eu de ce fait un consensus national de prise en charge du pied équin chez l'enfant paralysé cérébral établissant des règles générales à suivre dans ce domaine d'où l'intérêt de notre étude pour évaluer et établir un algorithme concernant les indications chirurgicales du pied équin chez le paralysé cérébral marchant.

Notre travail vient pour évaluer l'efficacité de la prise en charge chirurgicale du pied équin et la lutte contre les rétractions conséquence dominante de la spasticité chez le paralysé cérébral ainsi que le traitement des séquelles orthopédiques et l'apport des neurotomies sélectives qui reste d'indication rare mais nécessaire dans certaines situations chez le paralysé cérébral déambulant, et ceci dans le but d'obtenir un pied plantigrade et fonctionnel.

## **1. Rappels anatomiques**

### **1.1. Anatomie de l'unité motrice**

La régulation du système moteur s'effectue à partir de l'harmonisation de deux systèmes appelés pyramidal et extrapyramidal. C'est du premier que dépend l'acte moteur volontaire. Quant au deuxième, il s'apparente à l'acte moteur automatique et réflexe. Ce sont ces deux systèmes qui transmettent les incitations motrices au muscle.

Le muscle strié se présente comme un organe complexe. Il présente selon Barker (cité par Le Boulch, 1972), au moins trois sortes de fibres:

- Les fibres blanches : elles se contractent rarement et les secousses sont rapides. Elles répondent au besoin de contraction rapide et puissante nécessitée par les courtes bouffées d'activité.
- Deux sortes de fibres rouges:
  - Fibres rouges lentes: elles se contractent rapidement. Elles peuvent soutenir une contraction lente pendant de longues périodes comme c'est le cas pour les muscles posturaux.
  - Fibres rouges rapides: elles servent à la contraction rapide pendant de longues périodes comme c'est le cas pour le diaphragme.

Ces fibres se joignent à l'axone pour constituer une unité motrice. Ainsi, considère-t-on le muscle comme indissociable de sa commande nerveuse.

La fibre nerveuse commandant la fibre musculaire se termine dans celle-ci au niveau d'une zone granuleuse: la plaque motrice.

Chaque neurone moteur innerve un certain nombre de fibres musculaires en se ramifiant.

Le muscle peut donc être ramené à une somme d'unités motrices qui participent en nombre et en fréquence variables à la contraction.

## 1.2. Anatomie descriptive de la jambe

### 1.2.1. La jambe

La jambe est la partie du membre pelvien située entre le genou et la cheville. Les muscles de la jambe se répartissent en trois loges musculaires séparées par les deux septums intermusculaires antérieurs et postérieurs.

#### 1.2.1.1. La myologie de la jambe

Les muscles de la jambe sont répartis en 3 groupes :

- Groupe antérieur : comprend 04 muscles qui sont les extenseurs des orteils et fléchisseurs dorsaux du pied
- Groupe latéral : comprend 02 muscles disposés en deux plans, les fibulaires qui sont les éverseurs du pied
- Groupe postérieur : comprend 06 muscles disposés en deux plans, ce sont les fléchisseurs des orteils et les fléchisseurs plantaires du pied

##### 1.2.1.1.1. Muscles de la loge antérieure

Comprend 04 muscles de dedans en dehors :

- **Le tibial antérieur :**
  - Origine : condyle latéral du tibia, crête oblique et face latérale du tibia, membrane interosseuse crurale,
  - Trajet : sous le retinaculum des extenseurs
  - Terminaison : l'os cunéiforme médial et la base du 1<sup>er</sup> métatarsien.
  - Innervation : le nerf fibulaire profond.
  - Action : adduction-supination sans flexion ni extension du pied



Figure 1: Le muscle tibial antérieur (4)

- **Le long extenseur de l'hallux :**

- Origine : face médiale de la fibula et membrane interosseuse
- Trajet : sous le retinaculum des extenseurs
- Terminaison : 1ère et la 2ème phalange de l'hallux
- Innervation : nerf fibulaire profond.
- Action : l'extension de l'hallux P2 sur P1 et P1 sur M1, et la flexion dorsale de la cheville

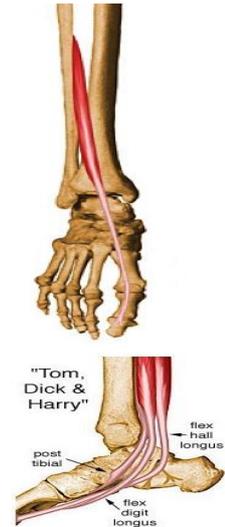


Figure 2: Long extenseur de l'hallux (4)

- **Le long extenseur des orteils :**

- Origine : condyle latéral du tibia, la face médiale de la fibula et membrane interosseuse crurale,
- Trajet : sous le retinaculum des extenseurs
- Terminaison : P2 et P3 du 2ème au 5ème rayon.
- Innervation : nerf fibulaire profond.
- Action : l'extension des orteils et la flexion dorsale de la cheville rotation latérale du pied.



Figure 3: Long extenseur des orteils (4)

- **Muscle 3ème fibulaire :**

- Origine : la partie distale de la face médiale de la fibula et de la membrane interosseuse,
- Terminaison : face dorsale de la base du 5ème métatarsien
- Innervation : le fibulaire profond
- Action : fléchisseur et d'abducteur du pied.



Figure 4: Muscle 3ème fibulaire (4)

1.2.1.1.2. Muscles de la loge latérale

- **Muscle court fibulaire :**

- Origine : 2/3 inférieurs de la face latérale de la fibula,
- Trajet : en arrière de la malléole latérale et en avant du tubercule des tendons à la face latérale du calcaneus,
- Terminaison : la styloïde du 5<sup>ème</sup> métatarsien et a une expansion pour le 4<sup>ème</sup> métatarsien.
- Innervation : le nerf fibulaire superficiel
- Action : Le court fibulaire est abducteur et rotateur latéral du pied.



Figure 5: Muscle court fibulaire(4)

- **Muscle long fibulaire :**

- Origine : condyle latéral du tibia, col et face latérale de la fibula et des septums intermusculaires.
- Trajet : en arrière de la malléole latérale et sous la voûte plantaire,
- Terminaison : la base du 1<sup>er</sup> métatarsien et l'os cunéiforme médial.
- Innervation : le nerf fibulaire superficiel.
- Action : extenseur du pied, abducteur et rotateur latéral du pied



Figure 6: Muscle long fibulaire (4)

1.2.1.1.3. *Muscles de la loge postérieure de la jambe*

Les muscles de la loge postérieure sont :

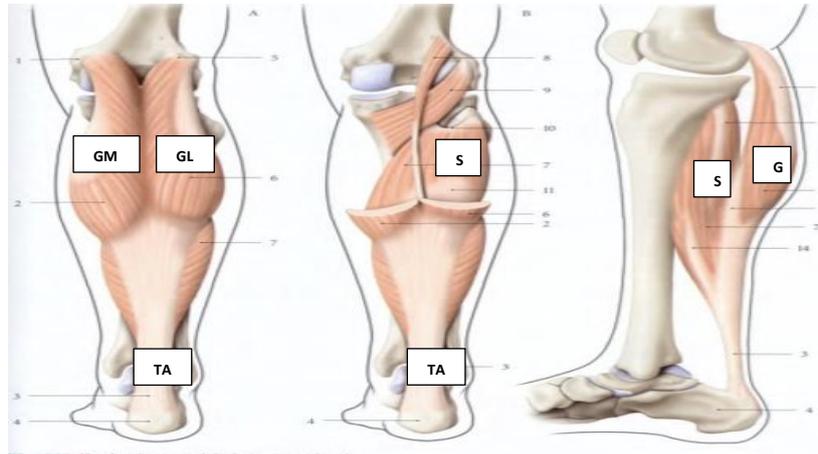
- Le plantaire grêle, le muscle poplité, le long fléchisseur de l'hallux, le tibial postérieur qui sont des muscles faibles,
- Et Le triceps sural qui représente le muscle le plus important et le plus puissant de la loge postérieure de la jambe.

Le triceps sural comprend deux parties : les muscles gastrocnémien, le soléaire et un tendon commun, le tendon calcanéen (ou tendon d'Achille).

- **Le gastrocnémien** : Comprend deux têtes qui proviennent de la région postéro-supérieure du condyle fémoral. Le muscle gastrocnémien est constitué de deux chefs latéral et médial, le gastrocnémien médial prend origine au niveau de l'épicondyle médial, les fibres tendineuses de chaque chef se prolongent en bas par une lame tendineuse, l'aponévrose gastrocnémienne, d'où partent les fibres charnues et se confondent avec l'aponévrose du soléaire, l'identification de cette zone de fusion est importante pour certaines techniques d'allongement sélectif, et se terminent en tendon achilléen sur la tubérosité calcanéenne, et le gastrocnémien latéral prend origine au niveau de l'épicondyle latéral, se dirige aussi verticalement vers le bas, mais il reste plus haut que le gastrocnémien médial et se termine en achilléen sur la tubérosité calcanéenne. Ces deux muscles permettent la flexion du genou et la flexion plantaire de la cheville.
- **Le soléaire** : qui est une masse musculaire volumineuse, plus profond que le gastrocnémien, nait à la face postérieure du ¼ supérieur de la fibula et à la face postérieure et le bord médial du tibia, prend un trajet vertical vers le bas en avant des muscles gastrocnémiens pour se terminer par le tendon achilléen sur la tubérosité

calcanéenne. Constitue le muscle le plus puissant de la cheville, il représente plus du double de toute la flexion plantaire de la cheville.

Les faces aponévrotiques du gastrocnémien et du soléaire sont en contact et offrent une surface glissante entre les deux muscles.



G : gastrocnémien    GL : gastrocnémien latéral    GM : gastrocnémien médial    TA : tendon d'Achille

*Figure 7: Muscle triceps sural droit (5)*

**Le tendon du calcanéum** est formé par l'union de l'aponévrose profonde du gastrocnémien et l'aponévrose du soléaire. Le tendon calcanéen s'étend depuis le point de confluence des deux aponévroses jusque son insertion sur la tubérosité du calcanéum.



*Figure 8: Torsion des fibres du tendon calcanéen (5)*

L'innervation des gastrocnémiens et du soléaire se fait par le nerf tibial postérieur.

Dans la région poplitée, les branches du nerf tibial pénètrent séparément dans les têtes médiale et latérale pour innerver le gastrocnémien.

- **Le muscle poplité :**

- Origine : la fossette poplitée au-dessus de la crête soléaire du tibia
- Trajet : oblique à la face postérieure du genou
- Terminaison : le condyle latéral du fémur
- Action : fléchisseur rotateur médial de la jambe



Figure 9: Muscle poplité (4)

- **Le long fléchisseur des orteils :**

- Origine : 1/3 moyen de la face postérieure du tibia
- Trajet : face postérieure puis en dehors du muscle tibial postérieur, s'engage dans le canal calcanéé puis la plante du pied et se divise en 4 tendons.
- Terminaison : face plantaire de la phalange distale du 2ème au 5ème orteil.
- Innervation : nerf tibial
- Action : flexion des orteils (2ème au 5ème) et extenseur du pied.

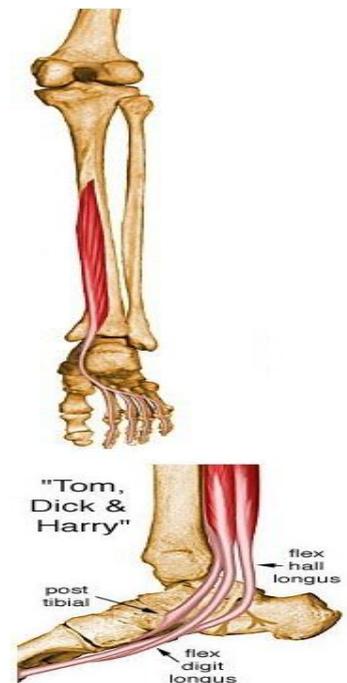


Figure 10: long fléchisseur des orteils (4)

- **Long fléchisseur de l'hallux :**
  - Origine : 2/3 inférieur de la face postérieure de la fibula et de la membrane osseuse
  - Trajet : croise la face postérieure de l'astragale puis chemine derrière le tendon du fléchisseur commun, se dirige vers le bord interne du pied
  - Terminaison : la base de la 2<sup>ème</sup> phalange de l'hallux.
  - Innervation : le nerf tibial
  - Action : flexion de l'hallux et l'extension du pied
  
- **Le muscle tibial postérieur**
  - Origine : 2/3 supérieurs de la face postérieure des diaphyses du tibia et de la fibula,
  - Trajet : oblique en bas et en dedans, il se réfléchit sous la pointe de la malléole médiale et se divise en trois composantes principales
  - Terminaison : face inférieure des os cunéiformes, intermédiaire et latéral, la base des 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup> et 4<sup>o</sup> métatarsiens ainsi que l'os cuboïde, et la face postérieure au niveau du sustentaculum tali.
  - Innervation : le nerf tibial
  - Action : extenseur, adducteur (varus) et rotateur médial du pied.

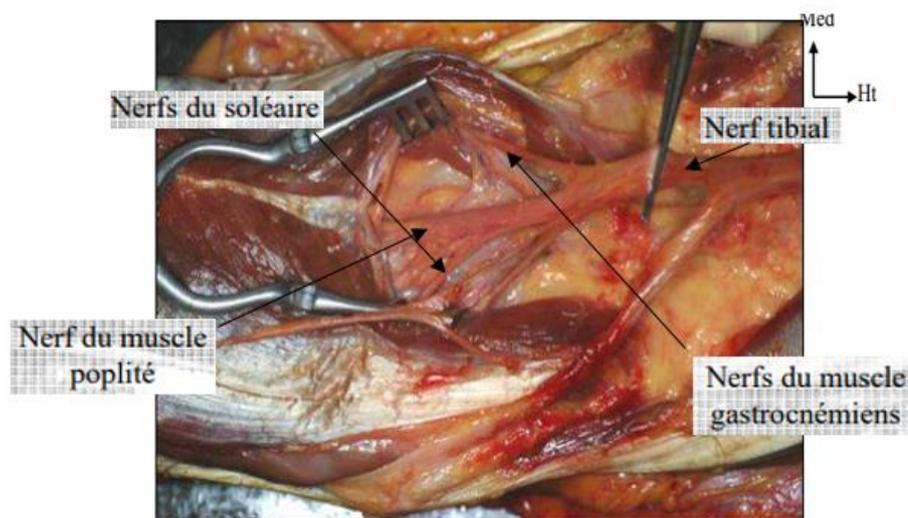
#### **1.2.1.2. Innervation de la jambe**

L'innervation des muscles de la loge postérieure de la jambe est réalisée par des branches du nerf tibial, ce dernier provient de la branche terminale interne de bifurcation du nerf ischiatique. Il naît à la partie supérieure du creux poplité, en arrière du ligament poplité oblique et du muscle poplité, limité en dehors par le biceps fémoral en haut et le chef externe du gastrocnémien en bas, puis poursuit verticalement le trajet du nerf ischiatique, et au niveau du creux poplité il passe sous l'arcade du soléaire en avant du muscle gastrocnémien. Il se situe en arrière et en dehors de la veine poplitée elle-même en arrière et en dehors de l'artère, la veine saphène le croise le long de son bord interne.

Les muscles gastrocnémiens, le soléaire, plantaire et poplité sont innervés par des collatérales du nerf tibial, il descend verticalement en arrière des muscles tibial postérieur et le long fléchisseur des orteils, Il est recouvert par le soléaire en haut et pas l'aponévrose en bas. Au niveau de la cheville, il chemine en dedans du tendon calcanéen, s'engage sous le retinaculum inférieur des extenseurs, dans le sillon malléolaire interne en arrière des vaisseaux tibiaux postérieurs. Ses collatérales sont destinées au tibial post, au long fléchisseur de l'hallux et le long fléchisseur des orteils. Au niveau de la gouttière rétro malléolaire interne il se divise pour donner naissance aux nerfs plantaires interne et externe.

En haut de la fosse poplitée les nerfs gastrocnémiens médial et latéral destinés aux muscles gastrocnémiens, ces nerfs se détachent de la face postérieure du nerf tibial, le nerf gastrocnémien médial naît avec le nerf cutané sural médial et le gastrocnémien latéral avec le nerf du soléaire. Les nerfs gastrocnémiens se dirigent en bas et en dehors, le médial croise la face postérieure des vaisseaux poplités. Les deux nerfs se divisent en trois ou quatre branches et pénètrent les muscles par leur bord axial.

Le nerf du soléaire naît avec le nerf gastrocnémien latéral, descend verticalement et sur un plan postérieur au nerf tibial et un peu en dehors de lui.



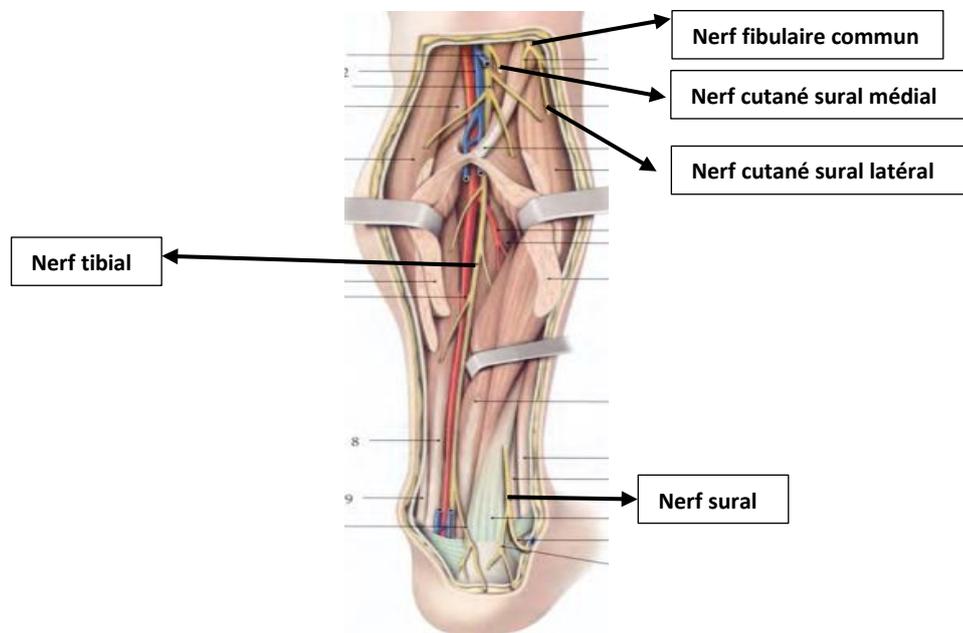
*Figure 11: Vue supérieure du creux poplité (6)*

L'innervation du pied provient du nerf tibial d'une part, et du nerf fibulaire commun d'autre part.

- Le nerf fibulaire commun donne naissance au nerf fibulaire superficiel et le nerf fibulaire profond.
- Le nerf tibial ou nerf sciatique poplité interne est un nerf mixte, sensitif et moteur, donne naissance au nerf plantaire médial et le nerf plantaire latéral. Le nerf tibial passe par le sillon malléolaire médial et se termine en sous malléolaire médial.

Le nerf tibial innerve les muscles de la jambe et de la plante des pieds et les téguments de la région plantaire. Sur son trajet, il donne des collatérales : rameau articulaire postérieur du genou, nerfs des gastrocnémiens, nerfs du soléaire, nerf du plantaire, nerf du poplité, nerf interosseux crural pour l'os, l'articulation tibio-fibulaire inférieure et le muscle tibial postérieur.

Le nerf plantaire médial innerve les muscles de la loge plantaire médiale parmi les muscles de la loge plantaire centrale, le court fléchisseur des orteils et le premier lombrical.



*Figure 12: Nerf tibial et branches collatérales (5)*

## **1.2.2. Le pied**

### **1.2.2.1. Myologie**

- **Groupe musculaire dorsal :**

- **Court extenseur des orteils (pédieux):**

- Origine : face dorsale du calcanéum,
- Trajet : se divise en trois faisceaux
- Terminaison : le bord latéral du long extenseur du 2ème, 3ème et 4ème orteil à la face dorsale de la phalange proximale
- Innervation : nerf fibulaire profond
- Action : l'extension du 2ème, 3ème et 4ème orteil.

- **Tendon du long extenseur des orteils :**

- Origine : face dorsale du calcanéum
- Terminaison : face dorsale de la première phalange de l'hallux
- Innervation : nerf fibulaire profond
- Action : l'extension de l'hallux

- **Long extenseur de l'hallux**

- **Groupe musculaire plantaire**

- **03 muscles interosseux plantaires :**

- Origine : face médiale du 3ème, 4ème et 5ème métatarsien
- Terminaison : petit tubercule de la face médiale de la phalange, au niveau de la face dorsale de l'orteil et au niveau du tendon de l'extenseur.
- Innervation : nerf plantaire latéral
- Action : rapprochent les orteils et la flexion des phalanges proximales

- 04 muscles interosseux dorsaux :
  - Origine : face latérale et médiale des métatarsiens adjacents
  - Terminaison : le bord médial de la base de la phalange proximale et sur les tendons du long extenseur des orteils
  - Innervation : nerf plantaire latéral
  - Action : abducteurs des 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> orteils fléchisseur de leur phalanges proximales.
  
- Abducteur propre du 5<sup>ème</sup> orteil :
  - Origine : processus latéral de la tubérosité du calcanéum
  - Terminaison : la base de la 1<sup>ère</sup> phalange du 5<sup>ème</sup> orteil
  - Innervation : nerf plantaire latéral
  
- Court fléchisseur propre du 5<sup>ème</sup> orteil :
  - Origine : cuboïde
  - Terminaison : la base de la 1<sup>ère</sup> phalange du 5<sup>ème</sup> orteil
  - Innervation : nerf plantaire latéral
  - Action : la flexion du petit orteil
  
- Opposant du 5<sup>ème</sup> orteil :
  - Origine : cuboïde
  - Terminaison : la face latérale du 5<sup>ème</sup> métatarsien,
  - Innervation : nerf plantaire latéral
  - Action : l'adduction du petit orteil.

- L'abducteur de l'hallux :

- Origine : la tubérosité du calcaneus
- Terminaison : l'os sésamoïde et sur la 1ère phalange du gros orteil
- Innervation : nerf plantaire médial
- Action : l'abduction de l'hallux

- L'adducteur de l'hallux

- Origine : un chef à la face plantaire de l'os cunéiforme latéral, du cuboïde, du ligament plantaire long et de la base des 3ème et 4ème métatarsiens ; et un chef de la capsule articulaire métatarso-phalangienne 3 et 4
- Terminaison : l'os sésamoïde latéral et sur la base de la 1ère phalange de l'hallux

- Le court fléchisseur de l'hallux

- Origine : les os cunéiformes médial et intermédiaire et le cuboïde
- Terminaison : par deux tendons l'un s'unit au tendon du muscle abducteur de l'hallux et l'autre au tendon du muscle adducteur de l'hallux

- Les lambricux du pied :

- Origine : le premier naît au bord médial du tendon du 2ème orteil, et les 3 autres sur les bords des 2 tendons adjacents.
- Terminaison : la partie médiale de la base de la première phalange.
- Innervation : le nerf plantaire latéral pour les 3 lambricux latéraux et le nerf plantaire médial pour le 1<sup>er</sup> lombrical médial.
- Action : fléchisseurs des phalanges proximales, extenseurs des phalanges intermédiaires et distales.

- Le carré plantaire :
  - Origine : la face médiale et inférieure du calcanéus
  - Terminaison : tendon du long fléchisseur commun avant sa division
  - Innervation : le nerf plantaire latéral
  - Action : redresser le long fléchisseur commun des orteils.
  
- Court fléchisseur commun des orteils :
  - Origine : calcanéus
  - Terminaison : 2 languettes se terminant sur la face latérale de la 2ème phalange,
  - Innervation : le nerf plantaire médian
  - Action : fléchisseur du 2ème, 3ème et 4ème orteil, et dessine la voûte plantaire.

#### 1.2.2.2. Surfaces articulaires

### La cheville

Le pied s'articule avec le membre pelvien par l'articulation talo-fibulo-crurale (cheville). Le pied doit supporter le poids du corps et transférer la charge corporelle durant la marche bipède, il doit aussi permettre différentes allures et divers modes de locomotion ainsi que d'autres prouesses (7).

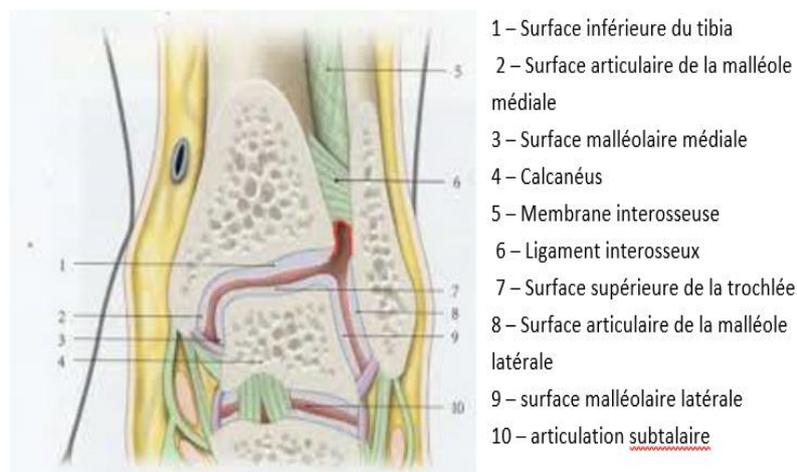


Figure 13: Coupe frontale de l'articulation talo-crurale (5)

- Surface tibio-fibulaire

C'est une articulation entre les épiphyses distales fibulaire et tibiale. La fibula est capable de pivoter autour du tibia.

- Surfaces talo-crurales

C'est dans les extrémités distales du tibia et du fibula formant une mortaise solide large en avant que s'encastre la trochlée du talus.

- La surface inférieure du tibia : constitue le toit de la mortaise, supporte le poids du corps, joue un rôle important dans la statique du pied et le déroulement du pas.

- La surface articulaire de la malléole latérale: S'articule avec la face latérale du talus à travers sa face interne.

- La Surface articulaire de la malléole médiale : Elle est en continuité avec la surface inférieure du tibia (8).

- La trochlée du talus

Elle a une forme en poulie, convexe dans un plan sagittal, concave dans un plan frontal, recouverte d'un cartilage très épais lui permettant de supporter le poids du corps.

### **1.2.2.3. Moyens d'union**

- **La capsule**

La capsule est une structure qui protège la cavité articulaire, elle est mince et lâche en avant et en arrière et tendue latéralement, elle est constituée de deux feuillets : membrane fibreuse et membrane synoviale (5).

- La membrane fibreuse
- La membrane synoviale

- **Les ligaments**

Les ligaments renforcent la capsule et jouent le rôle de stabilisateurs pour l'articulation de la cheville.

- Ligament collatéral médial (ligament collatéral tibial ou ligament deltoïde)
- Ligament collatéral latéral (ligament collatéral fibulaire)
- Ligament fibulo-talo-calcanéen

### **Les articulations du tarse**

Alors que la cheville permet des mouvements du pied dans un plan sagittal, les articulations du tarse lui permettent des mouvements dans un plan transversal et frontal (5).

Ces articulations sont :

- L'articulation sub-talaire : permet l'adaptation de l'arrière-pied au sol lors de la marche. Les ligaments: Ligament talo-calcanéen latéral, ligament talo-calcanéen médial, ligament talo-calcanéen post et ligament interosseux tendu dans le sinus calcanéen.
- L'articulation transverse du pied ou articulation de CHOPART. On y retrouve les ligaments calcanéo-cuboïdiens, le ligament bifurqué en forme de Y et le ligament plantaire long, et aussi le ligament talo-naviculaire plantaire, le ligament talo-naviculaire, le ligament talo-calcanéen inter-osseux et le ligament bifurqué.
- Les articulations des os du tarse distal entre eux : Le ligament plantaire long, le ligament plantaire court, le ligament calcanéo-naviculaire plantaire : permet de maintenir l'arche longitudinal du pied, le ligament naviculo-cuboïdien plantaire.

### **1.3. Anatomie fonctionnelle de la cheville**

La connaissance et la compréhension du rôle des muscles entourant la cheville permet de comprendre les différents tableaux cliniques que l'on peut rencontrer lors du dysfonctionnement de l'un d'entre eux.

La stabilité du talus dans le plan sagittal est limitée en avant par le bord marginal antérieur du tibia, par les ligaments antérieurs et par les groupes musculaires antérieurs et latéraux, et est limité en arrière par la troisième malléole de Destot, par les ligaments postérieurs et par la mortaise tibio-fibulaire.

La stabilité du talus dans les déplacements transversaux (abduction, adduction et rotation) est limitée par la mortaise tibio-fibulaire, les ligaments collatéraux, le ligament talo-fibulaire antérieur dans l'extension, talo-fibulaire postérieur dans la flexion et les muscles éverseurs et inverseurs du pied.

La cheville dessine un arc de mouvements autour de l'axe de la poulie astragaliennne qui est transversal, légèrement oblique latéralement et en arrière, ces mouvements sont limités à :

- Une flexion dorsale : c'est le rapprochement de la face dorsale du pied de la face antérieure de la jambe, son amplitude est variable d'un individu à un autre, elle varie entre 13 et 33°.
- Une flexion plantaire : c'est l'éloignement du dos du pied de la face antérieure de la jambe, elle varie entre 30 à 60°.

Ces mouvements de flexion-extension sont assurés par les muscles fléchisseurs et les muscles extenseurs du pied.

Lors de la flexion plantaire ou dorsale le talus peut avoir un léger mouvement d'adduction ou d'abduction qui ne dépasse pas les 6°.

Lors d'un mouvement de flexion plantaire en partant de la flexion dorsale, le talus effectue un mouvement de supination. Lors d'un mouvement de flexion dorsale en partant de la flexion plantaire, l'inverse se produit. Ceci entraîne un mouvement de pronation du talus.

## ***La paralysie cérébrale***

## **2. La paralysie cérébrale**

### **2.1. Définition**

La paralysie cérébrale ou cerebral palsy en anglais (CP), se définit comme une atteinte motrice changeante dans le temps, causée par une lésion cérébrale non progressive survenant sur un cerveau immature pendant la période anténatale, périnatale ou post natale (avant l'âge de 2 ans).

C'est un groupe de troubles du développement de la motricité (des mouvements et des postures), entraînant une limitation de l'activité, qui sont attribués à des perturbations non progressives qui surviennent lors du développement du cerveau fœtal ou infantile.

Les troubles moteurs sont souvent accompagnés de troubles sensitifs, cognitifs, de la communication, de la perception et/ou du comportement, et/ou de crises épileptiques (9).

La gravité du tableau neurologique est variable, depuis la forme frustre ne gênant que très peu, permettant une vie subnormale jusqu'aux formes très graves de polyhandicapés totalement dépendants.

Une fois la lésion cérébrale en place, les conséquences neurologiques vont avoir plusieurs retentissements (des déficits sensoriels, cognitifs, des troubles du comportement et/ou épilepsie) et les premiers symptômes parlants sont souvent ceux de la commande motrice et donc sur les différentes composantes qui permettent la motricité : os, articulation, tendon, muscle.

Ces troubles de posture et de la motricité responsables de limitations d'activité sont dus à un déséquilibre musculaire entre agonistes et antagonistes qui vont s'aggraver avec la croissance engendrant des déformations orthopédiques, et c'est pour cette raison que le diagnostic d'une paralysie cérébrale ne peut être fait que quelques années après la naissance, la répercussion des lésions sur un enfant en croissance peut être considérable, d'où la nécessité d'une prise en charge précoce pouvant aller d'une simple kinésithérapie à une prise en charge lourde et multidisciplinaire afin d'assurer une autonomie maximale des capacités de l'enfant.

La définition de la paralysie cérébrale a été longtemps très difficile à établir vu le nombre de traductions cliniques de la pathologie et de maladies concomitantes qui peuvent survenir.

Le terme "infirmité motrice cérébrale" a été introduit en 1969 par G. Tardieu, Il s'agit d'enfants souffrant de troubles moteurs prédominants, consécutifs à des anomalies ou des lésions cérébrales stables survenues dans la période anté ou périnatale, avec une intelligence normale (10). Pour dénommer les enfants ayant les mêmes problèmes moteurs associés à un retard mental, le terme "d'infirmité motrice d'origine cérébrale" ou "IMOC" a été utilisé en France dans les 20 dernières années (10).

Le terme de « paralysie cérébrale », largement utilisé dans les autres pays européens mis à part la France ou les pays anglo-saxons est venu pour remplacer les deux appellations précédentes (10).

Des facteurs génétiques, les maladies maternelles, la grande prématurité, le faible poids de naissance et l'asphyxie néonatale sont souvent associés à une paralysie cérébrale.

## **2.2. Epidémiologie**

L'incidence de la paralysie cérébrale est de 2 à 3 pour 1 000 naissances vivantes (11). Les paralysies cérébrales sont toujours assez nombreuses, c'est la plus fréquente des déficiences motrices de l'enfant. En France la prévalence des déficiences motrices atteint plus de 3 enfants pour 1000 et près de 2 pour 1000 pour les enfants avec paralysie cérébrale (INSERM).

La France compte donc 1500 nouveaux cas d'enfants avec PC chaque année. Cette prévalence de paralysie cérébrale est stable depuis 1990 (INSERM) (12).

## **2.3. Etiopathogénie**

La paralysie cérébrale survient dans la population avec une fréquence de 2 à 3/ 1 000 naissances vivantes. Les principaux facteurs de risque de la paralysie cérébrale sont : accouchement prématuré et faible poids à la naissance. Chez les nouveau-nés dont la masse est comprise entre 1000 et 1499 g, l'incidence est de 60,04 / 1000 naissances vivantes, et chez les nouveau-nés avec un poids compris entre 1500 et 2499 g, le taux est de 8,33 / 1000 naissances. Chez les nouveau-nés nés avant 28 semaines de grossesse, l'incidence de la

paralysie cérébrale est estimée à 111/1000, ce qui diminue à environ 1,35 chez les nouveau-nés nés après 36 semaines de grossesse (en dessous du niveau de la population générale) (13).

Malgré les progrès médicaux qui ont obtenu une nette régression de la mortalité néonatale due à la prématurité, le pronostic reste étroitement lié à l'âge gestationnel à la naissance.

Cette morbi mortalité est due surtout à l'hypothermie, aux complications respiratoires, aux complications digestives, aux complications infectieuses telles que les infections nosocomiales, aux complications métaboliques telles que les hypo ou hyperglycémie, l'ictère nucléaire, à une hypo perfusion cérébrale, aux complications neurologiques telles que les hémorragies intra ventriculaires ou la leucomalacie, ces dernières vont avoir comme conséquences des troubles moteurs, cognitifs et sensoriels.

Si l'IRM est normale, il faudra rechercher une maladie métabolique ou génétique sous-jacente.

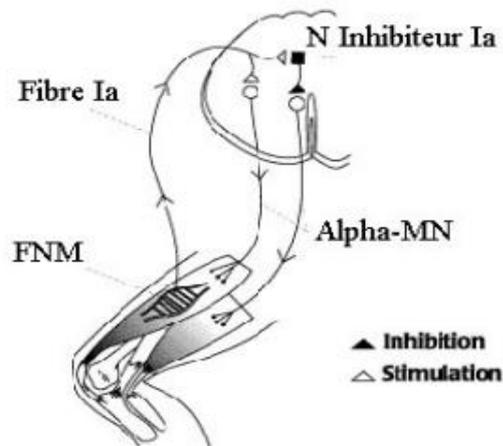
## **2.4. Physiopathologie des troubles orthopédiques**

Quel que soit l'étendue des lésions cérébrales, l'appareil ostéo-articulaire du nourrisson est intègre, ce n'est que lors de la croissance qu'un déséquilibre musculaire ainsi que des déformations vont progressivement apparaître. Alors que la lésion cérébrale est fixée, les conséquences des troubles du tonus et du déséquilibre musculaire vont retentir sur le potentiel fonctionnel de l'enfant, voire l'aggraver.

### **2.4.1. Anomalies primaire**

La taille des unités motrices est variable, plus le muscle est volumineux, plus le nombre de fibres innervées par le même axone est élevé. Elle peut atteindre ou même dépasser les 1000 fibres pour les muscles de la jambe.

L'activité de ces unités motrices gère le tonus musculaire, cette activité est régulée par la somme des différentes stimulations excitatrices ou inhibitrices exercées sur le motoneurone venant à la fois du système nerveux périphérique ou du système nerveux central.



**IN : interneurone    FNM : fibre neuromusculaire    MN : motoneurone**

Figure 14: L'inhibition réciproque à une contraction musculaire (14)

Parmi les mécanismes neuronaux d'action pré synaptique régulant l'excitabilité du réflexe d'étirement, seul le niveau de dépression homo synaptique de la synapse fibre Ia-motoneurone  $\alpha$ , qui est diminué chez les patients PC, est corrélé à l'importance de la spasticité, suggérant que la diminution de la dépression homo synaptique joue un rôle dans la genèse de la spasticité (15).

Ces anomalies primaires vont développer un déséquilibre musculaire entre agonistes et antagonistes, certains muscles sont faibles alors que leurs antagonistes sont hyperactifs.

Les troubles primaires qui vont résulter de ces lésions :

**La spasticité** : augmentation du tonus musculaire avec l'augmentation de la vitesse d'étirement.

**La dystonie** : activité musculaire anarchique (co-contraction)

**L'hypotonie** : c'est une diminution du tonus musculaire axial et périphérique.

**La faiblesse musculaire** : quasi présente chez la paralysie cérébrale à des degrés différents.

**Le déficit de contrôle moteur sélectif** : incapacité d'activer un muscle donné pour un mouvement donné.

**Les mouvements involontaires** : choréiques, athétosiques, balliques

**L'ataxie**

## **2.4.2. Les anomalies secondaires**

Ces anomalies secondaires sont la conséquence des troubles primaires sur la croissance musculaire et ostéo-articulaire.

Le maintien reflexe des postures est sous la dépendance de l'activité de l'arc reflexe médullaire permettant une position debout stable, ainsi que les changements de postures. Lorsque le groupe « motoneurone-muscle » est intact, la mobilisation passive brutale d'un segment n'entraîne pas une augmentation de la résistance, par contre s'il existe une perturbation à ce niveau, ceci entraîne une altération de la réponse à la mobilisation rapide engendrant la spasticité.

Un muscle à l'état normal ne présente que très peu de résistance, par contre celle-ci augmente lorsque le muscle devient fibreux.

Il y avait une cohérence générale des résultats entre les études indiquant que le volume musculaire, la section transversale, l'épaisseur et la longueur du muscle ont tendance à être réduits chez les personnes atteintes de PC spastique. Les résultats sont d'une importance clinique en raison de leur relation théorique avec la capacité de production de force musculaire et le potentiel correspondant de contribuer à la faiblesse musculaire et à la diminution de la fonction motrice chez les personnes atteintes de PC spastique (16).

Les quatre caractéristiques d'un muscle d'un paralysé cérébral : court, faible, spastique et fatigable, ce qui déséquilibre le programme de croissance articulaire de l'enfant par des déformations osseuses.

Au cours de la croissance la longueur d'un tendon dépend des forces de traction exercées par les fibres musculaires, si ce muscle est faible, le tendon reste raccourci avec modification de l'obliquité des fibres musculaires, par contre si à cette contraction faible répond une contraction excessive de son antagoniste, le tendon s'allonge et c'est ainsi que se crée un angle mort.

Un enfant paralysé cérébral présente initialement une spasticité des muscles fléchisseurs de la cheville qui se traduit par une marche digitigrade, ces muscles vont rapidement perdre leur élasticité engendrant un raccourcissement progressif de ces muscles menant par la suite à l'apparition d'un pied équin irréductible.

Ces rétractions musculaires vont apparaître avec le temps au niveau de toutes les articulations (genoux, hanches, scoliose...) entraînant des troubles orthopédiques majeurs.

Afin d'atteindre leur forme et leur taille définitives les os d'un enfant sont soumis à des contraintes musculaires, ces dernières sont anormales chez le paralysé cérébral chez qui on retrouve des déformations osseuses.

### **2.4.3. Les anomalies tertiaires**

Ces anomalies sont la compensation des anomalies primaires et secondaires, et ces anomalies sont réversibles avec la prise en charge des causes primaires et secondaires.

Ce sont les anomalies qui compensent les déformations secondaires afin de rendre une marche plus efficace tel qu'un allongement du pas par rotation du bassin, d'un fauchage lors de la phase oscillante ou d'une activité prolongée du quadriceps pour lutter contre la flexion excessive des genoux.

L'os du paralysé cérébral est touché dans :

- Sa longueur : ceci est dû à la faiblesse et à l'atrophie musculaire
- Sa largeur : le retard de mise en charge entraîne une fragilité osseuse
- Sa forme : par déséquilibre des forces musculaires, déformations osseuses démontrées par Delpech à la fin du XIX siècle qui explique que l'os de l'enfant se modèle en fonction des contraintes qu'on lui impose.

Les articulations du paralysé cérébral sont aussi sévèrement touchées, les surfaces articulaires sont perturbées dans leur situation et leur orientation, aboutissant soit à une luxation soit à une fixation dans une position forcée. Les mouvements passifs et actifs de ses articulations dépendent de la longueur des muscles péri articulaires, ces mouvements peuvent être soit diminués allant jusqu'à la raideur en général dans une position de fonction, soit il se produit une association entre déséquilibre musculaire et mauvaise orientation des surfaces articulaires aboutissant à la luxation.

Les troubles de la marche chez le paralysé cérébral sont la conséquence d'anomalies de la commande, du tonus et de la longueur musculaire, souvent de type spastique, puis secondairement de déformations orthopédiques.

Le corps du paralysé cérébral a beaucoup de mal à s'adapter à une croissance normale, les déformations vont s'accroître entraînant une diminution des capacités fonctionnelles.

La position debout est responsables d'asymétries de tout le corps, cette asymétrie associée à l'effet du poids entraîne beaucoup de déformations statiques.

La marche va léser les cartilages, étirer les tendons avec les multiples fractures pathologiques dues aux chutes ainsi que leurs conséquences traumatiques.

## **2.5. Diagnostic de la paralysie cérébrale**

Il est fondamental de dépister une paralysie cérébrale le plus tôt possible afin d'amorcer des soins adaptés chez un bébé en plein développement possédant des capacités d'adaptation et de récupération par une simple rééducation précoce.

Les troubles retrouvés lors de l'examen clinique sont fonction de la région cérébrale intéressée par les lésions : si c'est la voie pyramidale qui est touchée nous serons devant des troubles de type spastiques, si les lésions intéressent la voie extra pyramidale nous serons devant une athétose ou une dystonie, si les lésions intéressent le cervelet, les troubles seront de type cérébelleux.

L'objectif de l'examen clinique d'un enfant atteint d'une paralysie cérébrale est de rechercher une étiologie et d'apprécier le retentissement fonctionnel de cette affection afin de mettre en route une conduite thérapeutique adaptée.

Le diagnostic est le plus souvent difficile lorsque le motif de consultation est juste un trouble orthopédique et surtout si les signes neurologiques ne sont pas au premier plan.

Le motif de la consultation chez l'enfant plus grand est en général une boiterie ou autres troubles de la marche (en rotation interne, pied équin, triple flexion, pied plat...), une asymétrie de la gesticulation des membres supérieurs, asymétrie de la position assise, mouvements non coordonnés pendant le déshabillage ou autres anomalies.

### **2.5.1. Interrogatoire**

L'interrogatoire des parents doit être complet ne se limitant pas uniquement au motif de cette consultation. Les parents doivent être interrogés sur l'âge à la marche, un retard scolaire, un éventuel trouble de la fonction sphinctérienne.

Tous les antécédents périnataux et familiaux de l'enfant doivent être vérifiés et rechercher une maladie familiale.

## **2.5.2. Examen clinique**

La symptomatologie clinique initiale est motrice à laquelle peut s'ajouter des troubles associés qui ne sont pas des complications neuro orthopédiques.

### **2.5.2.1. Examen neuromoteur**

Par un examen neuromoteur complet il faut énumérer tous les troubles neuro-orthopédiques, suivre leur évolution, prévenir certaines complications en particulier orthopédiques.

Cet examen consiste à évaluer les activités spontanées et /ou provoquées de l'enfant afin de mettre en évidence ses capacités motrices quantitatives et qualitatives.

L'évaluation et la réévaluation de l'enfant se fera sur ses motricités spontanées, dirigées et provoquées.

L'évaluation se fera aussi sur son autonomie, sa qualité de vie et étude de la marche si l'enfant marche.

### **2.5.2.2. Bilan neurologique**

L'atteinte neurologique du système moteur chez les enfants atteints de PC est caractérisée, par ordre de fréquence, par spasticité, dyskinésie, hypotonie et ataxie (11). Les formes mixtes peuvent exister.

Le but de cet examen neurologique est de préciser le type de l'atteinte motrice, la topographie des troubles afin de classer la paralysie cérébrale.

- **La spasticité**

La spasticité a été définie par Jim Lance en 1980, comme une augmentation dépendante de la vitesse des réflexes d'étirement musculaire associée à une augmentation du tonus musculaire en tant que composante du syndrome des motoneurons supérieurs (17).

La spasticité résulte de plusieurs mécanismes, d'où la multitude de ses expressions cliniques et de là les prises en charge thérapeutiques différentes.

La spasticité ne doit pas être confondue cliniquement avec :

- La rigidité : qui est une tension excessive et douloureuse du muscle ou du tendon, pouvant entraîner une difficulté des mouvements d'où l'impression d'une raideur articulaire.
- Le clonus : Série de contractions brèves et involontaires d'un muscle provoquée par son étirement.
- La dystonie : série de contractions musculaires involontaires et douloureuses, impose à certains segments de membre ou à une partie du corps des attitudes extrêmes de contorsion.
- Le mouvement athétoïde : mouvements involontaires irréguliers
- La chorée : mouvements involontaires, irréguliers, rapides et soutenus.
- Les ballismes : mouvements involontaires brusques du corps ou des membres.
- Le trémor : oscillations rythmiques répétitives involontaires non autoentretenues.
- Les rétractions différentes de la spasticité par le caractère « vitesse dépendante »

On peut retenir 4 effets délétères de la spasticité sur la croissance et la locomotion :

- Elle agit comme un frein donc elle entraîne une augmentation de la consommation d'énergie lors des mouvements.
- Elle parasite l'expression du mouvement volontaire et l'agencement des différentes séquences de la marche.
- Elle inhibe la croissance musculaire du fait de l'absence permanente d'un étirement suffisant des groupes musculaires.
- l'action des forces est répartie anarchiquement autour des os et des articulations entraînant des limitations articulaires et des déformations osseuses.

Chez tout enfant présentant une spasticité, on retrouve des anomalies primaires dues à un déséquilibre musculaire avec des muscles trop actifs qui sont souvent le psoas iliaque et les adducteurs au niveau de la hanche, les ischio-jambiers au niveau des genoux, le tibial antérieur, le triceps sural et le tibial postérieur au niveau de la cheville, et des muscles faibles comme le rectus femoris au niveau du genou. Ces anomalies primaires vont entraîner des anomalies secondaires représentées par des déformations architecturales (troubles de torsion fémorale, tibiales, et déformations des pieds) dues à des rétractions musculo-

tendineuses et aponévrotiques. Au cours de sa croissance, l'enfant va tenter de compenser ces anomalies secondaires par des compensations, d'où l'apparition des anomalies tertiaires (ou de compensation) qui peuvent être réversibles si elles sont prises en charge précocement.

Cette spasticité doit être mesurée, et pour cela plusieurs échelles de mesure ont été utilisées :

- Echelle d'ASHWORTH (1964): c'est l'échelle la plus utilisée en pratique quotidienne, c'est la quantification clinique du réflexe d'étirement d'un muscle, le score varie de 1 à 5.

En 1987, lors d'une étude visant à examiner la fiabilité inter-évaluateurs des tests manuels de spasticité des muscles fléchisseurs du coude, Bohannon et Smith ont modifié l'échelle d'Ashworth en ajoutant 1+ à l'échelle afin d'augmenter la sensibilité (17)

Cette échelle est actuellement utilisée dans sa version modifiée (tableau) [Bohannon 1987].

*Tableau 1: Echelle d' Ashworth modifiée Bohannon (18)*

<b>0</b>	Pas d'augmentation du tonus musculaire
<b>1</b>	Augmentation discrète du tonus musculaire se manifestant par un ressaut suivi d'un relâchement ou par une résistance minime la fin du mouvement
<b>1+</b>	Augmentation discrète du tonus musculaire se manifestant par un ressaut suivi d'une résistance minime perçue sur moins de la moitié de l'amplitude articulaire
<b>2</b>	Augmentation plus marquée du tonus musculaire touchant la majeure partie de l'amplitude articulaire, l'articulation pouvant être mobilisée facilement
<b>3</b>	Augmentation importante du tonus musculaire rendant la mobilisation passive difficile
<b>4</b>	L'articulation concernée est fixée en flexion ou en extension, en abduction ou en adduction, le mouvement passif est impossible

- Echelle de TARDIEU (1982) : est une échelle plus précise, elle tient compte de la posture et de la vitesse d'étirement. Note L'angle d'apparition de la résistance à la mobilisation à deux vitesses, la plus lente et la plus rapide, ainsi que l'intensité de cette résistance.

Tableau 2: Echelle de Tardieu (18)

0	Pas de résistance tout au long du mouvement passif
1	Discrète augmentation de la résistance au cours du mouvement passif sans que l'on puisse ressentir clairement un ressaut à un angle précis.
2	Ressaut franc interrompant le mouvement passif à un angle précis, suivi d'un relâchement
3	Clonus épuisable (<10sec lorsque l'on maintient l'étirement) survenant à un angle précis
4	Clonus inépuisable (10sec lorsque l'on maintient l'étirement) survenant à un angle précis

- **L'ataxie**

L'ataxie correspond à des mouvements maladroits et sans assurance, absence de coordination des mouvements qui sont désordonnés et de la posture; l'équilibre dans la démarche est précaire et cette marche est qualifiée d'anarchique, lorsque l'enfant se met debout il écarte ses membres inférieurs afin d'élargir sa base de sustentation, l'enfant est en hypotonie. L'ataxie rend difficile l'exécution des mouvements rapides et précis. Tous ces symptômes s'aggravent lors de la fermeture des yeux.

L'ataxie est due à une atteinte cérébelleuse et de ses voies descendantes.

- **La dystonie, la dyskinésie ou les mouvements involontaires**

La dystonie est secondaire à une atteinte des noyaux gris centraux (thalamus, noyau caudé, noyau lenticulaire...) ou des circuits qui les relient.

Lors de l'examen clinique, il y a absence du syndrome pyramidal, les réflexes sont conservés, par contre il existe une hypotonie parfois responsable de luxation articulaire, l'examineur doit surtout rechercher les signes d'une atteinte extra pyramidale.

Cette dystonie est variable en fonction de l'âge, et l'enfant doit être examiné au repos en précisant la partie du corps concernée par cette dystonie.

- **Les réflexes archaïques**

Reflexes physiologiques chez le nouveau-né, doivent disparaître vers l'âge de 3 à 6 mois, mais peuvent persister chez le paralysé cérébral. Ces réflexes peuvent être spontanés ou provoqués.

- **Les commandes musculaires sélectives et la force musculaire**

La fonction musculaire est difficile à apprécier chez le paralysé cérébral du fait des co-contractions entre muscles antagonistes et muscles agonistes. Si cette évaluation est possible, la force du muscle ou celle du groupe musculaire doit être évaluée par la cotation internationale du testing musculaire.

La force musculaire et la sélectivité sont des éléments essentiels dans la prise de décision thérapeutique.

Au terme de cet examen neuromoteur, l'examineur doit mettre en évidence les éléments les plus invalidants : hyperactivité, hypotonie, spasticité, rétractions musculotendineuses ou l'association de plusieurs de ces éléments.

- **La sensibilité**

Les troubles de la sensibilité sont rares voir absents chez le paralysé cérébral.

### **2.5.3. Formes cliniques de la paralysie cérébrale**

L'étendue et la topographie des lésions déterminent la forme clinique de la paralysie cérébrale (uni ou bilatérale, spastique, dystonique ou ataxique) ainsi que la fréquence et la sévérité des lésions associées.

A l'état normal, le développement cérébral de l'enfant suit des étapes bien définies. A la naissance on retrouve une hypertonie des 4 membres qui sont en triple flexion physiologique et une hypotonie du tronc avec une tête qui ne tient pas. Au cours du développement de l'enfant cette hypotonie va disparaître progressivement et sera remplacée par un contrôle automatique et volontaire du tronc.

Nous différencions alors des formes cliniques :

**Formes neurologiques** : formes spastiques, formes dyskinétiques ou mouvements involontaires (chorée, dystonie), formes ataxiques (associées à une hypotonie) et formes mixtes.

**Des formes topographiques** : formes bilatérales (diplégie, quadriplégie ou quadri parésie, triplégie) et formes unilatérales (hémiplégie ou hémiparésie, monoplégie ou mono parésie).



*a)*



*b)*



c)

Figure 15: formes cliniques de la paralysie cérébrale (iconographie personnelle)

- a) Forme diplégique
- b) Forme hémiplégique
- c) Forme quadriplégique

Finalement **les troubles associés** comme les troubles de la motricité oculaire, la dyspraxie bucco-faciale ou des troubles neuropsychiatriques sont décrites.

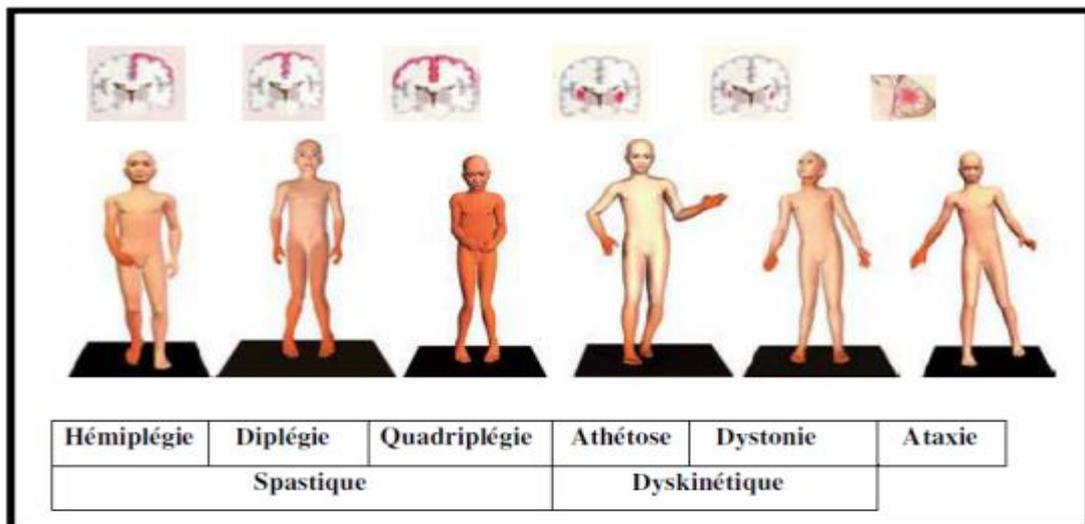


Figure 16: Topographie et étendue de la lésion cérébrale(19)

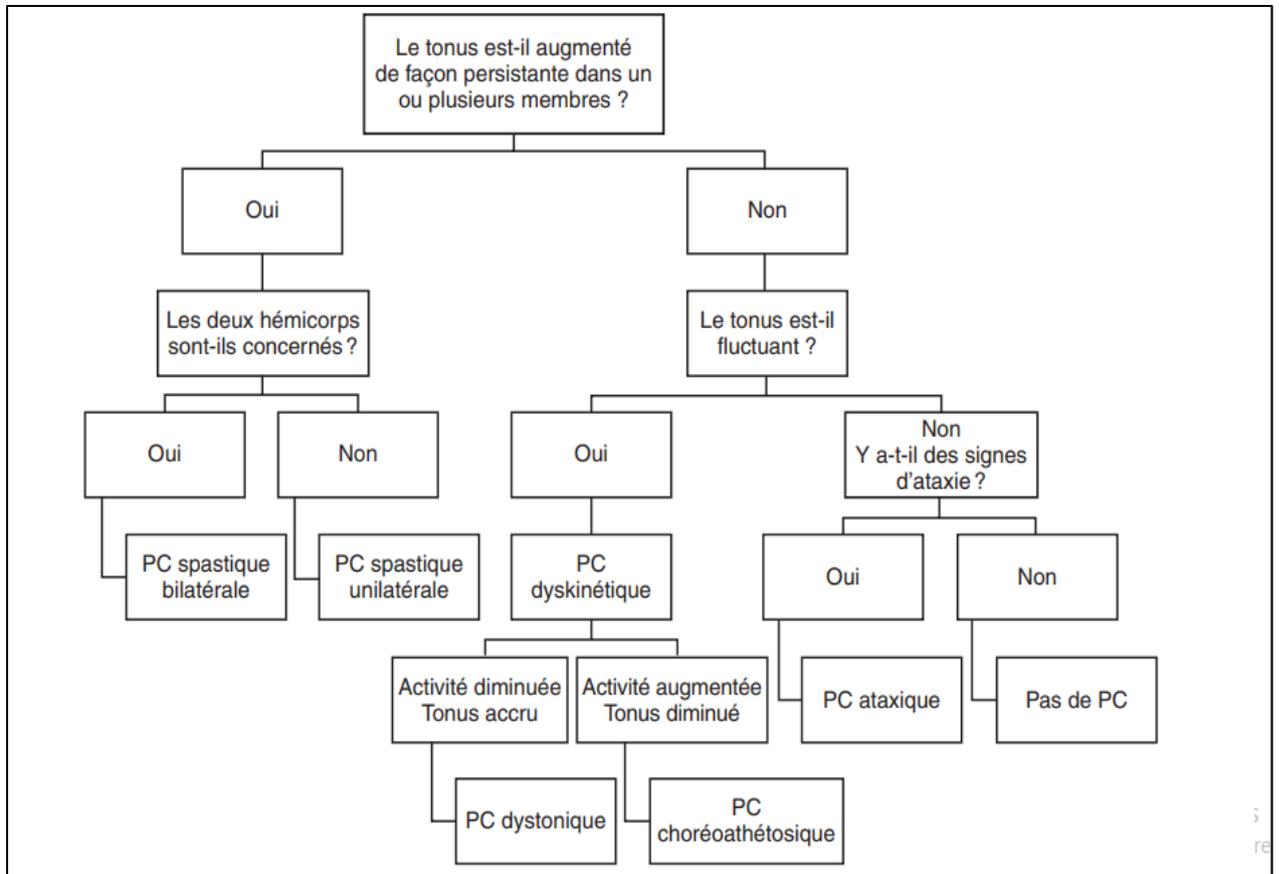


Figure 17: Sous-types de paralysies cérébrales en fonction de la symptomatologie neurologique (20)

## ***LE PIED EQUIN DU PARALYSE CEREBRAL***

### **3. Le pied équin chez le paralysé cérébral**

#### **3.1. Définition**

L'atteinte distale du membre inférieur est quasi constante quelle que soit la forme ou la gravité de la PC, qu'il s'agisse d'un élément d'une déformation complexe, ou du signe d'appel de l'affection.

P.A. O'Connell et Al. confirment que les déformations du pied et de la cheville sont fréquentes en cas de PC, avec plus de 76% des enfants PC étudiés (19).

Le pied équin chez le paralysé cérébral est la conséquence directe d'une hypertonie du triceps sural associée ou non à une faiblesse des releveurs du pied (muscle tibial antérieur, extenseur long de l'hallux, extenseur long des orteils) ou la conséquence indirecte d'une marche en flexion de genoux ou de hanche quelle qu'en soit son origine (14). Le pied équin est une flexion plantaire permanente de l'articulation talo crurale, c'est la déformation orthopédique la plus fréquemment rencontrée au cours de la croissance de l'enfant paralysé cérébral. Ainsi, il est dû à un déséquilibre entre les releveurs et les fléchisseurs du pied, ce déséquilibre se traduit dans le plan sagittal par :

- Hyper-appui sur l'avant pied
- Le talon ne pouvant pas appuyer au sol
- Flexion compensatrice du genou ou recurvatum secondaire du genou, s'aggravant progressivement
- Allongement relatif du membre
- Gene au passage du pas



Figure 18: pied équin (21)

La fréquence de l'atteinte du pied dans le cadre de la PC et la complexité de l'analyse clinique et des principes thérapeutiques font l'intérêt de notre travail.

### 3.2. Différents types de pied équin

Selon Winters et Gage un pied équin peut être neurologique ou non neurologique.

#### 3.2.1. Pieds équins non neurologiques

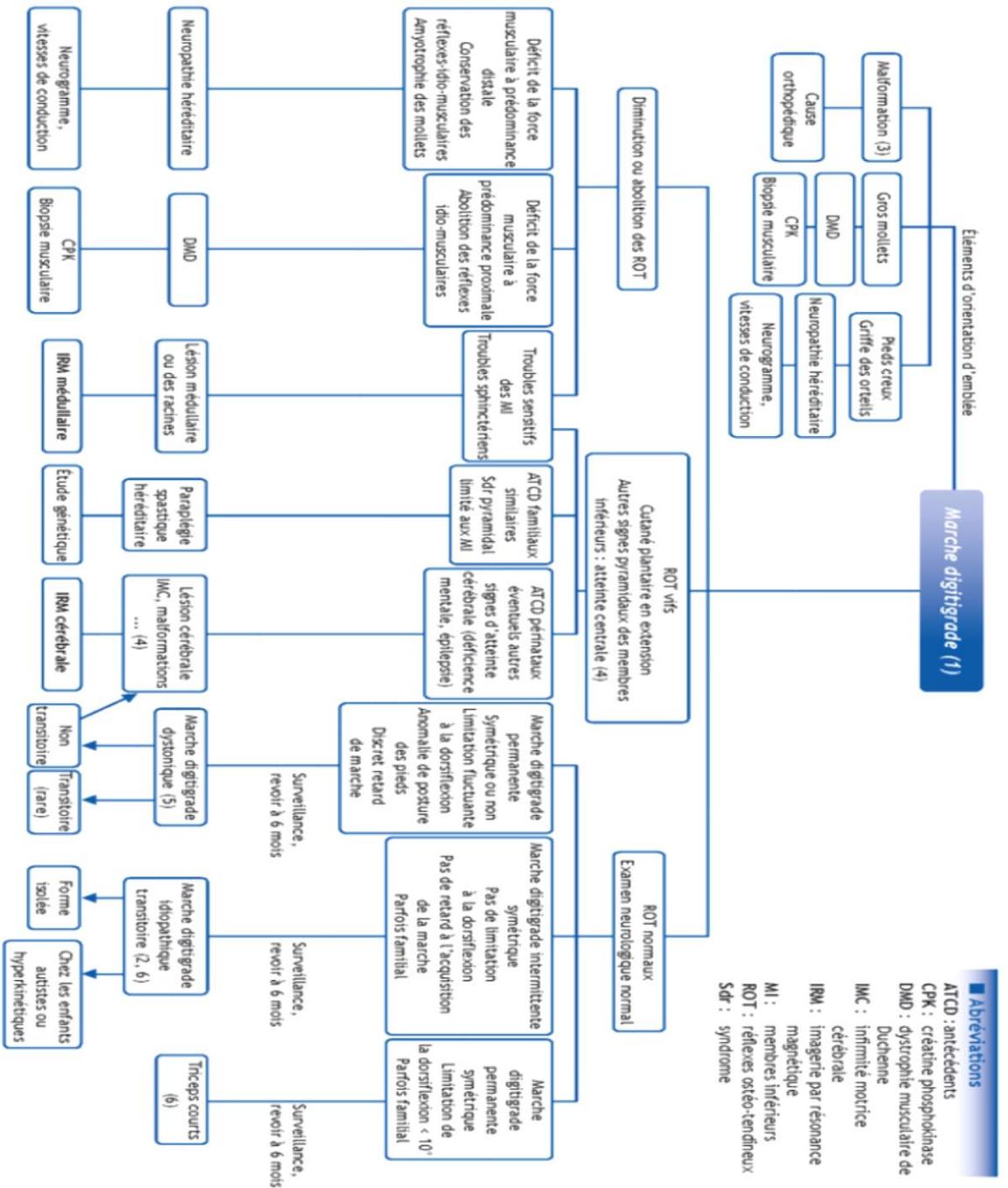
- **Idiopathique** : apparaît avant l'âge de 2 ans, mais peut ensuite persister. La marche sur le talon est possible, on retrouve la notion de cas similaires dans la famille. Examens neurologiques et orthopédiques normaux. Diagnostic d'exclusion d'autres causes. Peut devenir persistant, surtout à partir de 3 ans. Peut se résoudre spontanément jusqu'à l'âge de 5 ans (22).
- **Immobilité** : Les fléchisseurs plantaires de l'articulation supérieure de la cheville sont plus puissants que les extenseurs dorsaux; le poids de la couverture suffit pour engendrer un pied équin lors d'un alitement prolongé.
- **Troubles musculaires** (atrophie), **Dystrophie** (Dystrophie musculaire de Duchenne).
- **Dystonie focale transitoire de la petite enfance** : Peuvent avoir une posture inhabituelle même avant de commencer à marcher. Ils ont souvent une posture dystonique au repos. Peut avoir des variations : diurne, fatigue, maladie intercurrente. Peut y avoir une altération de la parole. Peut se déguiser en « paralysie cérébrale » sans facteurs de risque (22).

- **Maladies systémiques** : P.ex. hémophilie avec hémorragies articulaires récidivantes; post traumatique.
- **Pied bot varus équin congénital**
- **Marche sur la pointe des pieds compensatoire** : lors d'une inégalité de longueur des membres inférieurs, le pied équin permet de compenser cette inégalité par alignement du bassin.

### **3.2.2. Pieds équins neurologiques**

- **Infirmité motrice cérébrale** : le pied équin neurogène est la cause la plus fréquente.
- **État après accident vasculaire cérébral**
- **Ataxie de Friedreich**
- **Sclérose en plaques**

Les différents diagnostics d'une marche digitigrade :



© 2010 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés. Avec le soutien institutionnel de BêtaIna

Figure 19: Les différents diagnostics d'une marche digitigrade (23)

### **3.3. Physiopathologie du pied équin spastique**

Le pied équin est le résultat d'un déficit moteur dû à une lésion du système nerveux central ayant entraîné une interruption du faisceau pyramidal. La réalisation d'un mouvement volontaire par la contraction d'un muscle donné obéit à des commandes cérébrales bien élaborées. Pour déclencher le mouvement, le cortex moteur reçoit des informations de plusieurs autres régions cérébrales qui le renseignent sur le mouvement à effectuer : sens, vitesse, position du corps (24). De ce cortex cérébral va naître l'influx nerveux qui va cheminer le long de l'axone du neurone pyramidal et arrive jusqu'au motoneurone. L'ensemble que constitue un motoneurone et les fibres musculaires qu'il innerve, est appelé « unité motrice », et c'est à ce niveau que le signal électrique entraîne la libération de neurotransmetteurs. Les muscles jouent le rôle d'agonistes quand leur contraction provoque le mouvement désiré, d'antagonistes quand ils produisent une action articulaire inverse à celle d'un agoniste. **L'activation simultanée d'un agoniste et d'un antagoniste est appelée co-contraction.**

Le déficit moteur résulte de trois mécanismes physiopathologiques qui s'entretiennent en cercle vicieux:

- Les muscles antagonistes des releveurs du pied qui sont les fléchisseurs plantaires (triceps sural, long fléchisseur des orteils, long fléchisseur de l'hallux et le tibial postérieur) n'ont pas un accès suffisant à la commande des motoneurones par défaut de recrutement du nombre d'unités motrices, conséquences de la lésion cérébrale.
- Les atteintes des structures musculo-tendineuses et capsulo-ligamentaires entraînent une rétraction de ces fléchisseurs plantaires.
- L'hyperactivité musculaire des muscles antagonistes fléchisseurs plantaires : spasticité, dystonie spastique et la co-contraction spastique antagoniste.

Le raccourcissement musculaire est la conséquence d'une atrophie par diminution des sarcomères et une accumulation du tissu conjonctif et de graisse.

L'hyperactivité musculaire résulte d'une diminution de l'extensibilité passive des muscles fléchisseurs de la cheville (triceps sural, long fléchisseur des orteils, long fléchisseur de l'hallux et le tibial postérieur) suite au raccourcissement.

L'hyper-activation musculaire involontaire d'origine neurologique (spasticité, dystonie et co-contraction) est classiquement considérée comme une des causes d'aggravation de la perte de compliance des tissus musculo-tendineux. Des contractions musculaires répétées favoriseraient le maintien du muscle en position courte et par conséquent l'apparition des rétractions au cours de la croissance (Gracies, 2005a). Par ailleurs, il est classiquement avancé dans la littérature que l'expression de la spasticité serait favorisée au sein d'un muscle rétracté par une plus grande rapidité de transmission de l'influx nerveux (Gracies, 2005b) (25).

Chez l'enfant PC (GMFCS I-II), sous l'effet d'une réception du pied au sol de façon plantigrade ou sur les orteils, les muscles gastrocnémiens s'allongent activement durant la phase de simple appui contrairement à l'enfant sain chez lequel les fascicules des muscles gastrocnémiens gardent une longueur constante. Lors de la phase pré-oscillante, le raccourcissement des fascicules musculaires des muscles gastrocnémiens est inférieur chez l'enfant PC, occasionnant une diminution importante des paramètres de puissance et de travail. A l'inverse, le comportement des fascicules musculaires du muscle soléaire apparaît similaire entre enfants PC et sains. La propulsion générée au niveau de la cheville est ainsi largement altérée chez l'enfant PC. La faiblesse musculaire des muscles gastrocnémiens est une des hypothèses permettant d'expliquer l'allongement de leurs fascicules musculaires lors de la phase d'appui. Certains auteurs ont émis l'hypothèse que ces contractions excentriques répétées pourraient favoriser à long terme des dommages musculaires (25).

Les mécanismes qui conduisent au développement des rétractions musculo-tendineuses chez le paralysé cérébral sont encore mal connus. Il semble qu'il y ait une

interaction de multiples facteurs (endocrinien, génétique, nutritionnel, mécanique, moteur) (26) conduisant à une possible altération de l'homéostasie de la cellule musculaire.

**Macroscopiquement :**

Les propriétés morphologiques des muscles gastrocnémiens de l'enfant PC spastique se caractérisent par une diminution de leur longueur, de leur volume, de leur section de coupe transverse et de leur épaisseur par rapport aux enfants sains de même âge (27) alors que le tibial antérieur présente une longueur augmentée (28). Chez le sujet PC, les muscles gastrocnémiens et soléaire sont les plus amyotrophiés.

Willerslev Olsen et al., (2018) ont rapporté que le volume des muscles gastrocnémiens augmente de façon linéaire avec l'avancée en âge mais de façon plus lente chez l'enfant PC par rapport au sujet sain (29). Parallèlement, il a été montré chez l'enfant entre 5 et 12 ans (Bénard et al., 2011) (30) et l'adolescent (Weide et al., 2015) (31) sains, que la croissance longitudinale des muscles gastrocnémiens se fait à 80% par une hypertrophie des fascicules musculaires et à 20% seulement par leur allongement. De là résulte que chez le paralysé cérébral la rétraction musculo-tendineuses des gastrocnémiens s'explique en partie par une atrophie de ses fascicules musculaires.

Les dernières données de la littérature montrent que l'atrophie des muscles gastrocnémiens, objectivée par une diminution de leur volume, s'installe très tôt au cours de la croissance (dès 12 à 15 mois chez l'enfant PC). De façon similaire, la diminution de longueur des muscles soléaire et gastrocnémiens existe chez les enfants marchant avec un équin « dynamique » avant même l'apparition d'un équin « statique ». Par ailleurs, l'importance des altérations morphologiques des muscles gastrocnémiens semble dépendre du niveau d'indépendance fonctionnelle de l'enfant (GMFCS II > 26 GMFCS I) (25).

**Microscopiquement :**

- Tissu contractile réduit,
- Des sarcomères trop étirés,
- Perte de la titine sarcomérique

Le tissu musculaire est altéré, avec une atrophie sélective des fibres rapides et une expression altérée de la myosine, des modifications de la longueur des fibres et de la section transversale, des modifications de la courbe longueur-tension, une élasticité réduite et un développement appauvri du tissu musculaire (32).

Les fibres musculaires à l'état normal sont regroupées en fibres à contraction lente (type 1) ou à contraction rapide (type 2). Les fibres à contraction rapide sont généralement subdivisées en types 2a, 2b et 2x. Les muscles gastrocnémiens rétractés de l'enfant PC spastique présentent une prédominance des fibres de type 1 et une carence en fibres de type 2b (33).

Chez les enfants atteints de paralysie cérébrale spastique (PC), moins de cellules satellites, des sarcomères trop allongés réduisant la capacité de force de ces muscles à environ 17 à 48 % du maximum et un recrutement et une activation anormales des unités motrices caractérisent la physiopathologie sous-jacente de la croissance musculaire et des contractures articulaires. Par conséquent, des déficits dans la croissance des gastrocnémiens ont été rapportés, ce qui affectent la génération d'énergie du muscle pendant la marche. La quantité de tissu adipeux sous-cutané au sein des muscles gastrocnémiens semble présente à un taux anormalement élevé d'autant plus que le niveau d'indépendance fonctionnelle des enfants PC est faible (34).

Au sein du sarcomère, la protéine Titine, reliant la strie Z au filament épais de Myosine, est responsable d'une grande partie de la tension interne de la fibre musculaire. L'altération de ses propriétés est donc souvent suspectée devant l'apparition de rétractions musculaires.

La diminution de la force passive était associée à une diminution de 50 % de la quantité de titine dans les sarcomères du muscle spastique. Au lieu des six molécules de titine normales par demi-filament de myosine (rapport de 6:1), nous avons constaté que, dans les biopsies, le rapport de titine à la moitié de myosine était d'environ 3:1. Il a été montré précédemment qu'une diminution de la quantité de titine par myosine est directement et proportionnellement associée à une diminution correspondante de la force active (35)

Lieber et al. ont constaté que les muscles CP ont un nombre réduit de cellules satellites et, étant donné leur rôle connu dans le développement des myofibres, ont suggéré que cette

réduction pourrait être à l'origine d'une diminution de la croissance musculaire longitudinale, cependant, il n'y a aucune preuve directe que le nombre réduit de cellules satellites soit la cause de la sarcomérogenèse inhibée ou simplement un sous-produit (35).

### **Conséquences cliniques : rétractions musculo-tendineuses**

L'altération du schéma de marche de l'enfant PC répond à l'interaction complexe de déficiences neuromusculaires primaires (spasticité, faiblesse musculaire, déficit de sélectivité motrice), secondaires (rétractions musculo-tendineuses, déformations osseuses...) et tertiaires (compensations), parfois difficiles à distinguer et à hiérarchiser.

L'altération des paramètres de marche au niveau de la cheville chez le paralysé cérébral est liée à un ensemble de facteurs comprenant la diminution de la flexion dorsale de cheville, la réduction du volume des muscles tibial antérieur et gastrocnémiens, suivi par la diminution de force des muscles fléchisseurs plantaires et l'altération de sélectivité motrice des fléchisseurs dorsaux (34). Chruscikowski et al., (2017) ont rapporté une relation significative entre le déficit de sélectivité motrice des membres inférieurs et l'altération du schéma de marche chez l'enfant PC GMFCS I à III. Par ailleurs, le déficit de sélectivité motrice apparaît d'autant plus important que le niveau fonctionnel (GMFCS) est faible (36).

L'hyper-activation réflexe des muscles fléchisseurs plantaires s'exprimerait plus particulièrement lors de la phase d'appui de la marche, sous l'influence d'un pré-positionnement défaillant du pied en phase oscillante. Le positionnement privilégié de la cheville en flexion plantaire lors de la phase oscillante serait plutôt expliqué par un déficit de sélectivité motrice des muscles fléchisseurs dorsaux couplé ou non à un déficit d'extensibilité des muscles fléchisseurs plantaires plutôt qu'à une hyper-activation réflexe de ces derniers (37) (38).

Gross et al., (2013) ont montré que le membre parétique des enfants PC présentait une plus grande augmentation du niveau de co-activation musculaire avec l'augmentation de la vitesse de marche au sein des principaux couples musculaires agonistes/antagonistes du membre inférieur (droit fémoral et vaste médial/ischio-jambier, soléaire/tibial antérieur) (25).

Le passage d'un schéma de marche en équin dynamique à statique s'accompagne d'une aggravation du raccourcissement des muscles soléaire et gastrocnémiens (Wren et al., 2004)

et d'une diminution de leur vitesse d'allongement (Švehlík et al., 2010). Ce phénomène est favorisé par le déficit moteur des muscles fléchisseurs dorsaux. L'allongement du tibia antérieur apparaît alors comme un mécanisme de compensation (Wren et al., 2010) (25).

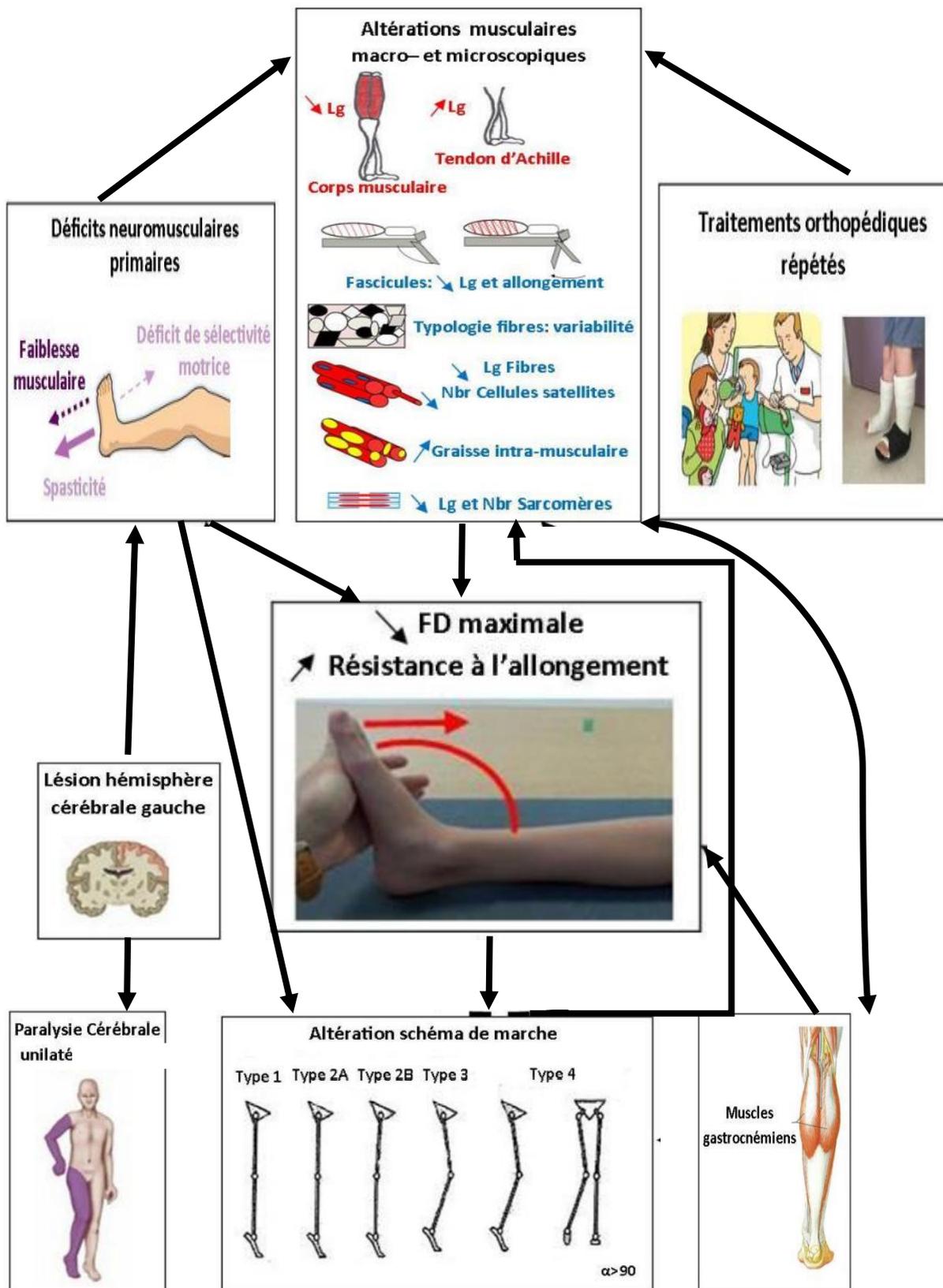


Figure 20 : Diagramme conceptuel résumant les relations entre la lésion cérébrale (exemple d'une lésion cérébrale unilatérale gauche) et les conséquences cliniques au niveau de l'articulation de la cheville et fonctionnelles au niveau du schéma de marche (25)

### 3.4. Classification du pied équin du paralysé cérébral

La contraction du triceps sural entraîne une flexion plantaire de la cheville et accessoirement une flexion du genou.

Les muscles gastrocnémiens sont au maximum de leur puissance lorsque le genou est en extension, alors que le soléaire agit seul si le genou est fléchi. La marche n'est alors pas possible si le soléaire agit seul.

Il faut un interrogatoire et un examen clinique détaillés afin d'éliminer les autres causes conduisant à un pied équin (exp : douleurs au niveau de l'arrière-pied).

Le pied équin peut être **simulé** par un flessum du genou ou un équin de l'arrière pied comme il peut être masqué par un recurvatum du genou ou un valgus de l'arrière pied.

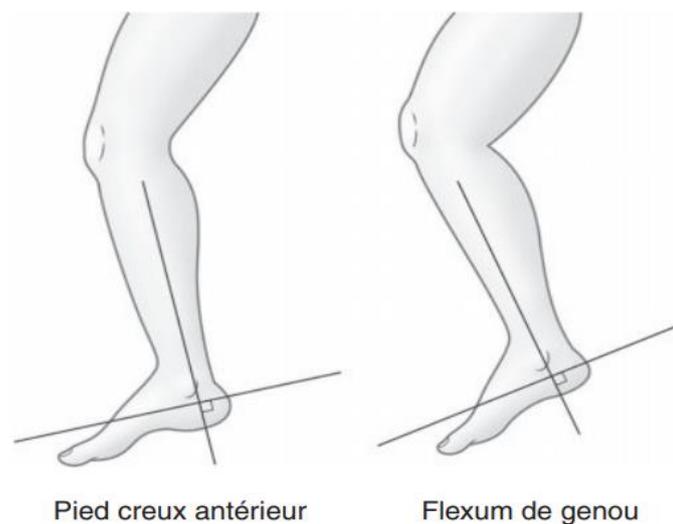


Figure 21: pieds équin simulés (20)

- **Le pied équin dynamique** : c'est un équinisme qui s'observe dans les formes de paralysie cérébrale spastique vues précocement (anomalie primaire). Cet équinisme résulte d'une hypertonie tricipitale et se manifeste lors de la marche, il va disparaître à la fin de la marche soit à la position debout.

Lors de l'examen neuro-orthopédique on retrouve lors de la flexion dorsale de la cheville à vitesse rapide un arrêt brutal par contraction du triceps, c'est un accrochage qui apparaît d'autant plus vite qu'une spasticité du triceps est importante, elle peut se traduire par un

clonus de la cheville, ce clonus peut être épuisable ou pas. La flexion dorsale passive de la cheville à vitesse lente qu'elle soit à genou fléchi ou pas est normale.

Cet équin dynamique se voit surtout chez l'enfant jeune avant que les rétractions musculaires n'apparaissent au cours de la croissance (anomalies secondaires) mais peut aussi persister chez les enfants ayant une spasticité modérée.

- **Le pied équin structurel ou fixé** : est un mélange d'hypertonie et surtout de rétraction, l'équin fixé est lié à une brièveté du triceps du fait de son insuffisance de croissance résultant d'une hyperactivité quasi permanente mettant ce muscle en position raccourcie avec rétraction des aponévroses entraînant une limitation de la dorsiflexion du pied de façon continue. Cet équin apparaît même si des traitements adaptés ont été réalisés

Cette pseudo-rétraction peut toucher les gastrocnémiens seuls ou bien l'ensemble du triceps. L'examen de la flexion dorsale du pied avec genou tendu puis genou fléchi permet de préciser le type anatomique de la brièveté.

- **L'équin fixé avec déformation ostéo-articulaire** :

D'autres déformations accompagnent souvent le pied équin fixé. La varisation du calcanéus est due par la sur activation des muscles tibial antérieur (en phase oscillante) et postérieur (en phase d'appui) et parfois du muscle long fléchisseur de l'hallux, et à l'inverse la valgisation du calcanéus par tension du tendon calcanéen accentue le valgus calcanéen physiologique sous l'effet du poids du corps lors de la verticalisation. A plus ou moins long terme, la croissance ostéo-articulaire va être perturbée sous l'effet de la spasticité, de l'équin et du poids du corps. Les rapports articulaires normaux sont perturbés et des déformations osseuses apparaissent.

Le pied équin est la déformation la plus courante dans la paralysie cérébrale. Un pied équin principalement **dynamique** (sans raccourcissement du muscle du mollet) se transforme dans de nombreux cas en un pied équin **structurel (fixé)**. Cela est dû à une croissance linéaire insuffisante du muscle du mollet par rapport à la croissance osseuse (39).

### **3.5. Examen clinique du pied équin**

L'examen clinique consiste en l'examen du pied statique et dynamique, puis un examen complet du membre inférieur et une analyse de la marche.

La mesure de la circonférence du mollet des deux côtés à la recherche d'une fonte ou d'une hypertrophie musculaire.

On commence par évaluer la souplesse des différentes articulations du pied : sous talienne, médio tarsienne, Lisfranc, et celle des orteils.

La possibilité de mettre les talons au sol sur le podoscope, un enfant avec une hyper extension du genou peut masquer un pied équin.

#### **- Flexion dorsale de cheville**

**La manœuvre de Silfverskiold** : Enfant en décubitus dorsal, membre étendu, on prend la plante du pied dans le creux de la main, en corrigeant un éventuel valgus de l'arrière-pied, on mesure la flexion dorsale de l'articulation talo-crurale en rapprochant la face dorsale du pied de la face antérieure de la jambe, par cette manœuvre on évalue les muscles gastrocnémiens, l'amplitude de cette flexion est d'environ 20°, ensuite en fléchi progressivement genou jusqu'au maximum, cette flexion dorsale va diminuer jusqu'à arriver à un angle d'environ 5°, et cette manœuvre permet d'exclure les gastrocnémiens et d'évaluer le muscle soléaire.



*Figure 22: Manœuvre de Silfverskiold (21)*

- **Flexion plantaire de la cheville**

En position assise afin de tester le muscle tibial antérieur qui constitue un puissant releveur du pied.

- **Valgus et varus de l'arrière-pied**

En position assise, hanche et genoux fléchis, on calcule l'angle formé par l'axe du tibia et l'axe du calcaneum, si cet angle est en dehors cela correspond à un valgus, s'il est en dedans c'est un varus de l'arrière-pied.

Pes planus est un terme impliquant la perte de la voûte médiane longitudinale du pied. Lorsque le valgus du talon est présent, cela s'appelle pied planovalgus (40).

La déformation pied plat valgus (Le pes planovalgus) se caractérise par une flexion plantaire du talus, une rotation externe du calcaneum par rapport au talus, avec une proéminence exposée de la tête du talus, une grave éversion de l'articulation sous-talienne, un déplacement du naviculaire par rapport à la tête du talus et une supination de l'avant-pied par rapport à l'arrière-pied.

La spasticité ou le déséquilibre musculaire est la cause de la déformation, Le valgus est souvent dû à une hypertonie des muscles fibulaires et de l'extenseur commun des orteils et déficit du muscle tibial postérieur. Le valgus peut également être dû à une hypertonie du triceps sural.

L'évaluation clinique est faite selon l'échelle de Dogan.

Tableau 3: Echelle de Dogan (40)

Échelle d'évaluation clinique 20 à 17 points: parfait, 16 à 14 points: bon, 13 à 10 points: moyen, <10 points: médiocre.

Paramètres	2 points	1 point	0 point
La douleur	Non	Bénin	Sévère
Satisfaction familiale postopératoire (plus de 10 points)	10-8	6-7	<6
Mouvement sous-talien	En mouvement	Limité	Rigide
Varus / valgus de l'arrière-pied	0 ° -5 °	5 ° -10 °	> 10 °
Équidés de l'arrière-pied	Neutre	Équidés doux	Equin significatif
Supination / pronation de l'avant-pied	Neutre	Légère supination / pronation	Supination / pronation significative
Enlèvement / adduction de l'avant-pied	Neutre	<5 ° abduction / adduction	> 5 ° abduction / adduction
Arc longitudinal médial	Normal	Planus doux	Planus significatif
Amélioration de l'usure des chaussures	Oui	Avec soutien	non
Activité améliorée	Adéquat	Équitable	Inadéquat

Le varus est dû à une hypertonie des muscles tibial postérieur et tibial antérieur associé à une faiblesse des muscles fibulaires et du muscle extenseur commun des orteils

Ce varus peut aussi être dû à une hypertonie des muscles : long fléchisseur des orteils, long fléchisseur de l'hallux, l'abducteur de l'hallux et l'extenseur propre de l'hallux

#### - **Adduction et abduction du médio-pied**

L'adduction et l'abduction du médio-pied sont calculées à la face plantaire du pied par l'angle formé par l'axe de l'astragale, et l'axe du 2ème métatarsien. Si l'axe du métatarsien passe en dedans de l'axe de l'astragale il s'agit d'une adduction, s'il passe en dehors c'est une abduction du médio-pied.

#### - **Hallux valgus**

L'axe des phalanges de l'hallux est en dehors de l'axe de la 1ère métatarsienne. Lorsqu'il y a une hypertonie de l'abducteur de l'hallux, elle s'associe le plus souvent soit à une hypertonie du long fléchisseur de l'hallux donnant un infraductus, soit à une hypertonie de l'extenseur propre de l'hallux donnant un supraductus.

- **Griffe d'orteils**

Résulte soit d'une hypertonie du muscle court fléchisseur des orteils et/ou du carré plantaire en cas de griffe intrinsèque, soit d'une hypertonie du muscle long fléchisseur des orteils en cas de griffe extrinsèque, ou une hypertonie du muscle long extenseur des orteils et du long extenseur propre de l'hallux donnant les griffes d'extenseurs.

- **Examen sur podoscope**

Le podoscope médical est un appareil permettant de visualiser l'empreinte plantaire du pied. L'appareil est composé d'une vitre épaisse capable de supporter le poids d'un patient, d'un dispositif d'éclairage et d'un miroir placé au fond de l'appareil. Un patient debout sur la vitre va exercer des pressions sur certaines parties de son pied.

L'analyse des empreintes plantaires sur le podoscope permet de confirmer les appuis pathologiques dépistés par l'examen de la plante des pieds sur la table d'examen ou soupçonnés lors de l'observation de la marche ou de l'usure des semelles de chaussures (12).



*Figure 23 : pied équin sur podoscope*

- **L'analyse posturographique**

Est actuellement l'un des seuls systèmes informatisés permettant l'étude en direct des mouvements du centre de gravité. La Balance Master® est une plate-forme de forces de 46 cm de côté comprenant un plateau équipé de deux capteurs pour chaque pied. La plate-forme est reliée à un ordinateur qui calcule le centre de pression de chaque pied et, en utilisant la

taille du patient entrée par l'opérateur, calcule la composante verticale du centre de gravité, dont la position et les mouvements sont enregistrés en continu durant les tests.

Le reste de l'examen orthopédique consiste en :

- **Inspection** : Position spontanée de l'enfant, les déformations des différents segments des membres, déformation du tronc, d'éventuelles contractions musculaires visibles ou des mouvements anormaux.
- **La palpation** : tonus pathologique : facteur B (basal) ou E (émotionnel), mobilisation passive des articulations afin d'apprécier leur souplesse et la réductibilité de certaines attitudes vicieuses, rechercher une éventuelle spasticité musculaire qui peut fausser la mesure d'une amplitude articulaire, évaluer les différentes forces musculaires.

Le reste de l'examen clinique doit être bien codifié :

- **Le rachis** : en position assise en bout de table, les jambes pendantes, l'examen du rachis doit être systématique, on recherche :
  - L'examen de profil en position assise : après correction de la rétroversion du bassin, si l'effondrement du tronc persiste ou s'aggrave ceci traduit qu'il est primitif. On note une contraction visible ou palpable du trapèze inférieur lors de la tentative de redressement volontaire du tronc. L'effondrement du tronc est dit compensateur ou « secondaire » s'il disparaît lorsque la rétroversion du tronc est corrigée manuellement (41).
  - L'examen assis dans le plan frontal : on recherche un déséquilibre des épaules qui accentue l'obliquité pelvienne pour tenter d'amener la ligne de gravité du tronc vers le pli interfessier (20).
  - On mesure la gibbosité.

- **La hanche :**

- On note la position spontanée de l'enfant à la recherche d'une asymétrie, une attitude en coup de vent ou en ciseaux.
- On réalise **un test de Thomas** à la recherche d'un flexum de la hanche.
- **Signe de Galeazzi** noté du côté court, ce signe signifie soit un fémur court soit une hanche luxée de ce côté.
- **La flexion** de la cuisse sur le bassin, cette manœuvre est faite à deux reprises, l'une à genou étendu, les muscles testés sont le grand fessier et les ischio-jambiers, L'autre à genou fléchi, le muscle testé est le grand fessier.
- **L'abduction** de la hanche à la recherche d'une limitation ou d'une asymétrie
- **L'adduction** de la hanche est évaluée afin de rechercher une rétraction, une hyperactivité ou une faiblesse du tenseur du fascia lata et/ou du moyen fessier.
- **Le test de Staheli**, à genou fléchi et à genou étendu. Les muscles testés sont : le psoas iliaque, les muscles droit antérieur et/ou le tenseur du fascia lata
- **Les anomalies de torsion de la hanche et de torsion fémorale**
- **En décubitus latéral**, on teste les abducteurs de la hanche et on recherche une brièveté du tenseur du fascia lata.
- Évaluer la force et le contrôle du psoas.
- **Ely test** côté +1, 2,3 ou+ 4 (1 = un doigt),

- **Les genoux**

- La hauteur de la rotule à la recherche d'une patella alta
- L'extensibilité du droit fémoral
- On calcul l'angle poplité uni et bilatéral afin d'évaluer les muscles ischio-jambiers.
- Calculer l'angle mort qui traduit l'insuffisance du quadriceps
- Une flexion fixe du genou est due à une faiblesse du quadriceps ou à une contracture des muscles ischio-jambiers, mais peut aussi compenser un pied équin ou une flexion fixe de la hanche.

Enfin, si l'état de l'enfant le permet, on le mettra debout et on apprécie :

- Évaluez le port du tronc et de la tête.
- La paralysie du grand fessier entraîne une alternance de bascule du tronc en antérieur et postérieur.
- La contracture des fléchisseurs de la hanche ou la faiblesse de ses extenseurs entraîne une hyperlordose lombaire.
- La cyphose lombaire peut être due à une contracture des muscles ischio-jambiers.
- L'équilibre du bassin.
- Le niveau des deux épines iliaques antéro-supérieures.
- L'alignement dans les trois plans de l'espace, du pied, de la cheville et de tout le membre inférieur.
- Une torsion du membre inférieur doit être recherchée.
- La position et la direction des rotules.
- Faire un examen clinique comparatif des deux membres inférieurs.
- Analyser la marche : L'observation de la marche et de ses troubles éventuels est un temps essentiel de l'examen.
- Demander à l'enfant de marcher sur la pointe des pieds (faiblesse musculaire du triceps sural) et sur les talons (faiblesse du muscle antérieur tibial).

### **3.6. Examens para cliniques**

Des examens complémentaires d'imagerie radiologique et d'analyse de la marche sont demandés pour évaluer l'état orthopédique précis.

#### **3.6.1. Radiographie de la cheville et du pied**

La radiographie du pied est surtout demandée dans un but thérapeutique. Les radiographies réalisées : pied en charge, de face et de profil.

Pour l'articulation de la cheville on recherche une déviation en varus ou en valgus du calcanéus sur une incidence de Meary.

De profil, l'horizontalisation du calcanéus associé à l'équin du talus correspond à un pied équin-valgus, alors que la superposition du calcanéus et du talus donne au contraire un varus.

S'il y a une rétroposition de la malléole latérale/tibia cela signifie qu'il y a un varus par contre elle est antéposée dans le valgus.

On mesure l'angle de l'arche médial sur une incidence de profil, on trace une ligne joignant le point le plus bas du talus au point le plus bas du calcaneus, et une autre ligne joignant le point le plus bas du talus et le point le plus bas des sésamoïdes, l'angle formé par ces deux lignes constitue l'angle de l'arche médial qui doit être à l'état normal compris entre 120° et 125°, s'il est supérieur à 125° il s'agit d'un pied creux, s'il est inférieur à 120° c'est un pied plat.

On calcule l'angle de Meary, c'est un angle formé par l'axe du 1er métatarsien et l'axe du talus, sa valeur est autour de 0°, si cet angle est ouvert vers le bas, cela signifie qu'il y a un pied creux dont on peut préciser le siège de ce creux qui se trouve au sommet de la déformation (Chopart ou Lisfranc).

Sur un pied en charge et de profil, on calcule la pente calcanéenne qui est l'angle formé par la tangente à la face inférieure du calcaneus et l'horizontale, sa valeur normale est autour de 20°.

On calcule une éventuelle abduction ou adduction de l'avant-pied sur une radiographie de face, l'angle formé par l'axe du 1er métatarsien et l'axe du talus est normalement ouvert en dehors de 5° à 10°, sa diminution traduit une abduction de l'avant-pied et son augmentation une adduction.

On recherche aussi un hallux valgus par le calcul des angles M1-M2 (normal est de 5°), M1-P1 (normal de 25°) et P1-P2.

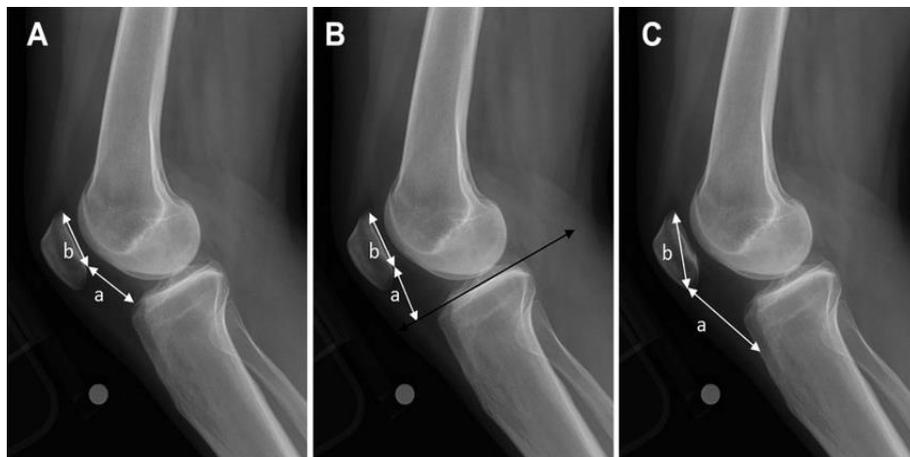
### **3.6.2. Les autres radiographies**

- Radiographie des hanches : C'est une radiographie qui doit être demandée systématiquement chez un paralysé cérébral, puis elle est demandée dans le but d'une surveillance d'une hanche.
- Radiographie du genou

Sur la radiographie de face, on peut mettre en évidence un décalage de la rotule en interne témoignant d'une rotation interne du membre inférieur, suspectée cliniquement devant un faux genu valgum.

Sur le profil on recherche des désordres anatomiques suspectés cliniquement tel qu'une fracture de la rotule, un arrachement de sa pointe ou bien une ascension de la rotule due à une hypertension de l'appareil extenseur.

Indice de Caton est la distance de la surface articulaire de la patella au plateau tibial rapporté à la hauteur de cette surface =  $(a/b)$ , l'indice de Caton (distance de la surface articulaire de la patella au plateau tibial rapportée à la hauteur de cette surface), normalement égal à 1. L'allongement du tendon patellaire le fait grimper à 1,3, 1,4 ou plus. (20).



*Figure 24: une radiographie du genou de profil (41)*

**a** : distance entre extrémité inférieure de b et la partie antérieure de la surface articulaire du tibia.

**b** : hauteur de la surface articulaire de la rotule.

Si l'indice de Caton est compris entre 0,8 et 1,2 on dit que la rotule est en position normale.

L'indice de Caton ne varie pas en fonction du degré de flexion du genou.

On parle de patella alta si l'indice est supérieur à 1,2.

D'autres index peuvent être utilisés pour évaluer la patella alta tel que l'indice de Koshino et l'indice de Blackburne-Peel.

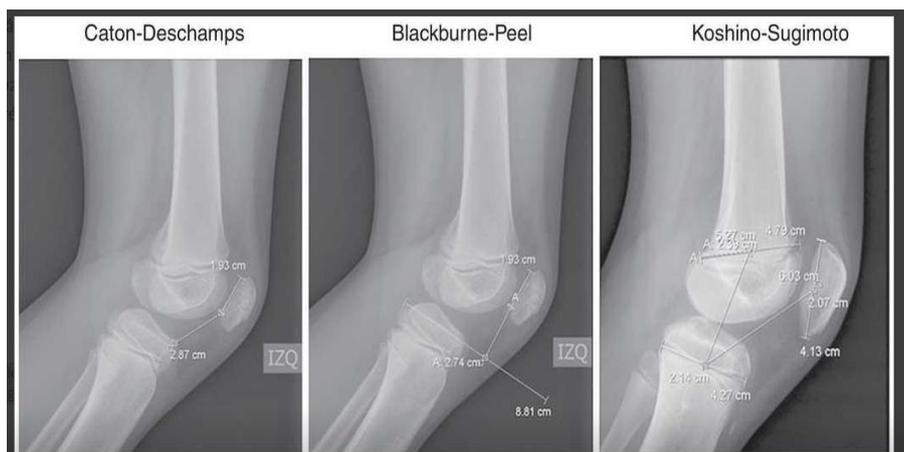


Figure 25: Radiographies avec mesures des indices Caton-Deschamps (normal : 0,6-1,3), Blackburne-Peel (normal 0,8-1,0) et Koshino-Sugimoto (normal : 0,99-1,2) (42)

### 3.7. Retentissement du pied équin

#### 3.7.1. Sur la statique

##### 3.7.1.1. Sur le pied lui-même

A la station debout, un pied équin entraîne une réduction de la surface d'appui ce qui va entraîner un déséquilibre de l'arrière pied voir même de l'avant pied.

L'équin n'est souvent pas isolé. Les deux anomalies les plus fréquemment associées à l'équin sont :

- **Le valgus** : il est le plus souvent passif, le pied pris entre le poids du corps de l'enfant verticalisé, la tension du triceps sural, alors que les muscles de la plante du pied sont faibles (20).
- **Le varus**, se voit surtout dans les formes asymétriques, le pied tourne en dedans alors que la jambe tourne en dehors. Il n'est pas toujours facile de déterminer si c'est l'inversion qui entraîne la rotation externe du squelette jambier ou le contraire (20).
- **Griffe des orteils** qui résulte d'une faiblesse des extenseurs des orteils ou du long extenseur de l'hallux, et d'un raccourcissement et d'une hyperactivité du long fléchisseur des orteils et long fléchisseur de l'hallux.
- **Les troubles de l'appui** : on retrouve au niveau de l'appui des durillons qui se localisent surtout au niveau des têtes métatarsiennes dans l'équin direct et au niveau du bord interne du pied dans les pieds équins valgus avec affaissement du médio-pied, et en regard de la

base du 5<sup>ème</sup> métatarsien dans le varus équin. Pouvant aboutir même à des fractures des métatarses.

- **Une instabilité de l'appui** : la position debout devient instable vu la diminution de la surface d'appui au sol.
- **Des douleurs à l'appui** : ces douleurs apparaissent à l'adolescence.
- **Gêne au chaussage** : elle est surtout due à la déformation qui entraîne un conflit chaussure-pied, et à la douleur surtout au niveau du médio-pied en cas d'affaissement.

### **3.7.1.2. Sur les articulations sus jacentes**

L'équinisme du pied va retentir sur les articulations sus jacentes, soit fémoro-tibiale et coxo-fémorale :

- **Sur l'articulation fémoro-tibiale**

**Flessum du genou et attitude en triple flexion** : cette déformation résulte de l'hypertonie ou de la rétraction des muscles ischio-jambiers ou une hypertonie ou rétraction des muscles fléchisseurs de la hanche compensée par un genou flessum, ou une faiblesse du muscle triceps qui donne un genou flessum compensateur. Dans cette situation l'enfant marche sur la pointe du pied.

**Genu recurvatum de compensation** : pendant la phase oscillante de la marche la flexion du genou peut être freinée par la spasticité du droit antérieur et se traduit par une démarche jambe raide avec difficulté au passage du pas. Cette démarche est souvent la conséquence d'un allongement excessif des ischio-jambiers en présence d'un droit antérieur spastique.

- **Sur l'articulation coxo-fémorale**

La hanche se met en flexion pour retrouver un équilibre qui est instable, cette flexion engendre des rétractions du droit fémoral et du muscle psoas.

### 3.7.2. Sur la dynamique

La marche est définie comme étant la capacité d'enchaîner dix pas sans l'aide de l'adulte, que l'enfant se soit mis debout seul ou non (43).

L'enfant est dit autonome s'il n'utilise aucune aide technique et s'appuie uniquement sur ses deux membres inférieurs, ou souvent aidé par ses membres supérieurs en utilisant une aide technique dite de déambulation.

Le GMFCS comprend cinq niveaux de gravité croissante du niveau I au niveau V. Il est important de noter que ce système est conçu comme une ligne directrice générale et que chaque cas de paralysie cérébrale est différent; pour cette raison, le GMFCS ne décrira pas complètement chaque personne unique (44) :

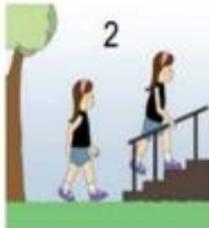
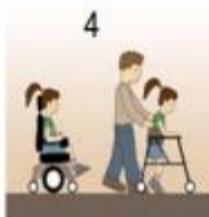
<b>Niveau 1</b>	Marche à l'intérieur et à l'extérieur, monte les escaliers sans limitation. Peut courir, sauter, mais avec une limitation de la vitesse et de la coordination.		
<b>Niveau 2</b>	Marche à l'intérieur et à l'extérieur, monte un escalier en s'aidant d'une rampe, mais la marche est limitée en terrain accidenté ou incliné, dans la foule. La course et le saut sont limités.		
<b>Niveau 3</b>	La marche à l'intérieur et à l'extérieur, en terrain plat est assistée. Monter un escalier est possible en s'aidant d'une rampe. Suivant les fonctions supérieures, il est possible de se déplacer en fauteuil roulant manuel, les longs déplacements à l'extérieur ou en terrain accidenté nécessitent un transport aidé.		
<b>Niveau 4</b>	Les déplacements sont possibles en fauteuil roulant à l'intérieur et à l'extérieur pour les parcours connus.		
<b>Niveau 5</b>	Le maintien de la posture est difficile, toutes les fonctions motrices sont limitées et incomplètement compensées par des aides, les déplacements autonomes en fauteuil sont pratiquement .		

Figure 26: Les niveaux de la classification GMFCS (19)

Une classification de niveau GMFCS devrait rester la même au cours de la vie d'un individu, même avec l'intervention, la thérapie et la réadaptation (44). Actuellement, les études ont montré que le niveau GMFCS est stable après deux ans, parfois un nouveau niveau peut être attribué si une amélioration inattendue est obtenue.

Le pied équin du paralysé cérébral va retentir sur le schéma complet de la marche, en effet il faut toujours analyser la marche du paralysé cérébral et la comparer à une marche normale.

### **3.7.2.1. Marche normale**

La marche c'est une succession de mouvements combinés, alternés et répétés des deux membres inférieurs, c'est une succession de double appui et d'appui unipodal. Toute pathologie entraînant une atteinte de cette mobilité va retentir sur l'autonomie de l'individu en diminuant ses capacités fonctionnelles et donc une perturbation de la vie sociale.

De nos jours, les outils d'analyse de la marche sont nombreux, cette analyse reste précieuse et indispensable pour le suivi des enfants atteints de paralysie cérébrale.

L'examen neuro moteur reste primordial, mais doit être associé à l'analyse quantifiée de la marche qui nous procure des mesures quantitatives. Comparées aux données de l'examen clinique du patient, elle nous permet d'affiner les diagnostics et les choix thérapeutiques.

L'évaluation clinique de la marche et de ses boiteries basées sur le seul examen visuel est limitée. En effet, la marche est une activité trop complexe et trop rapide pour pouvoir être analysée en détail sans l'assistance de moyens sophistiqués (45). L'analyse de la marche nécessite au minimum un enregistrement vidéo afin de faire une analyse morphologique de la marche.

Pour décrire une marche, il est plus judicieux de faire un découpage plus fin :

- **La phase de mise en marche** (0 à 10% du cycle de la marche) : appelée aussi phase de double appui de réception, commence par la mise en contact du pied avec le sol par le talon et se termine par la levée du pied opposé, c'est le premier appui bipodal. Durant cette phase, le poids est transféré à la jambe, la vitesse de marche est conservée et l'équilibre est maintenu. Durant cette phase, La cheville est en position neutre, le genou légèrement fléchi (10°), la hanche fléchie (30°), et le bassin est en antéversion (10 à 15°) (14). Une paralysie des muscles de la loge antérieure, une hypertonie ou une rétraction du triceps sural génèrent un claquement de pied lorsque le rabattement du pied n'est pas retenu (46).
  
- **La phase du milieu de l'appui** (10 à 30% du cycle de la marche) : commence lorsque le pied opposé décolle du sol et se termine lorsque le centre de gravité du corps est aligné avec le pied donc lorsque le talon du pied du côté de l'appui se décolle du sol. Ce mouvement est retenu par les muscles fléchisseurs du pied (14). On observe une flexion dorsale de la cheville (qui passe de -5° à 15°), une extension partielle du genou (qui va de 20 à 10°), une extension de la hanche (qui passe de 30° de flexion à 0°) et un bassin qui reste antéversé (10 à 15°) (14).
  
- **La phase de fin d'appui** (30 à 50% du cycle de la marche) : c'est la seconde partie de l'appui unipodal, le corps va avancer jusqu'à mise en contact du pied opposé avec le sol par le talon, ce qui explique une activité importante des fléchisseurs plantaires du pied, retenant l'avancée du poids à cette phase(14). La flexion dorsale maximale est atteinte (15 à 20°), ainsi que l'extension maximale de genou (10° de flexion) et de hanche (10°)(14). Le bassin reste en antéversion de 10 à 15°.
  
- **La phase pré-oscillante** (50 à 60% du cycle de la marche) : appelée aussi phase de double appui de propulsion, correspond au second appui bipodal, le corps avance vers l'avant et le centre de gravité du corps se déplace vers la jambe controlatérale. On observe une flexion plantaire rapide de cheville (qui passe de 15° de flexion dorsale à 10/15° de flexion plantaire), une flexion rapide du genou et de la hanche avec pour effet une propulsion du segment jambier vers l'avant (14). Pendant les phases de double appui, alors qu'un pied

se pose entièrement au sol, l'autre pied commence à décoller progressivement. Les principales causes de l'insuffisance de cette phase de propulsion sont une faiblesse, une paralysie du triceps sural et une atteinte du tendon d'Achille (46) .

- **La phase de début d'oscillation** (60 à 73% du cycle de la marche) : se termine dès que le pied passe à côté du pied controlatéral. Durant cette phase, l'avancée du membre oscillant se fait au prix d'une flexion rapide de la hanche de 40 à 50° (action des fléchisseurs de la hanche), une flexion passive du genou de 60°.

- **La phase du milieu d'oscillation** (73 à 86%): se termine dès que le tibia se verticalise. Il y a une activité des fléchisseurs dorsaux du pied afin de le maintenir relevé. La cheville est en flexion dorsale ou en position neutre, le genou va vers l'extension et la hanche vers la flexion (14).

- **La phase de fin de l'oscillation** (73 à 100%) : c'est une phase qui prépare le membre à une mise en charge. A la fin de la phase oscillante, la cheville est en légère flexion dorsale ou en position neutre, le genou continue son extension et la hanche poursuit sa flexion (14).

De nombreux troubles affectent cette phase d'oscillation, une position anormale du pied, une ankylose du genou, la faiblesse ou encore la paralysie des ischio-jambiers ou du triceps sural (46).

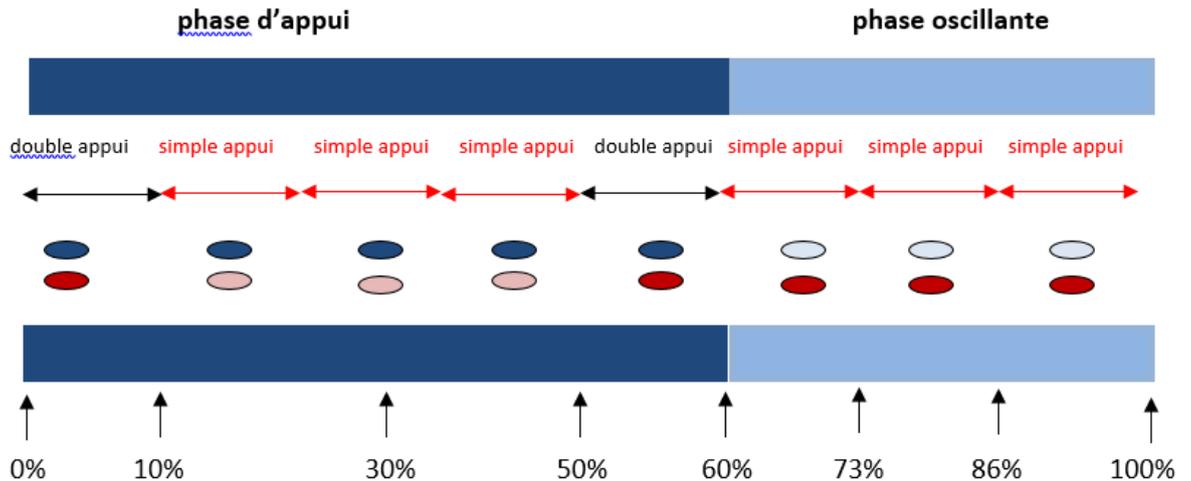


Figure 27: Cycle de marche pour le membre inférieur gauche (47)

- A 0% : attaque du pas
- A 10% : décollement du pied controlatéral
- A 30% : milieu de l'appui
- A 50% : attaque du pas controlatéral
- A 60% : décollement du pied analysé
- A 100% : attaque du pas

-  pied analysé
-  pied controlatéral

Une marche normale répond à des prérequis décrits par GAGE est qui sont intimement liés (14):

- La stabilité à l'appui.
- La clairance du pas à la phase oscillante.
- Le pré-positionnement du pied à la fin de la phase oscillante.
- Une longueur de pas adéquate.
- Une conservation de l'énergie.

A partir de l'âge de 6-7ans, l'enfant a une marche identique à celle de l'adulte, le pattern de marche dépend de la maturation du système nerveux et de la croissance staturale de l'enfant.

De nombreuses méthodes sont utilisées pour évaluer la marche, certaines nécessitent un matériel coûteux et beaucoup de temps.

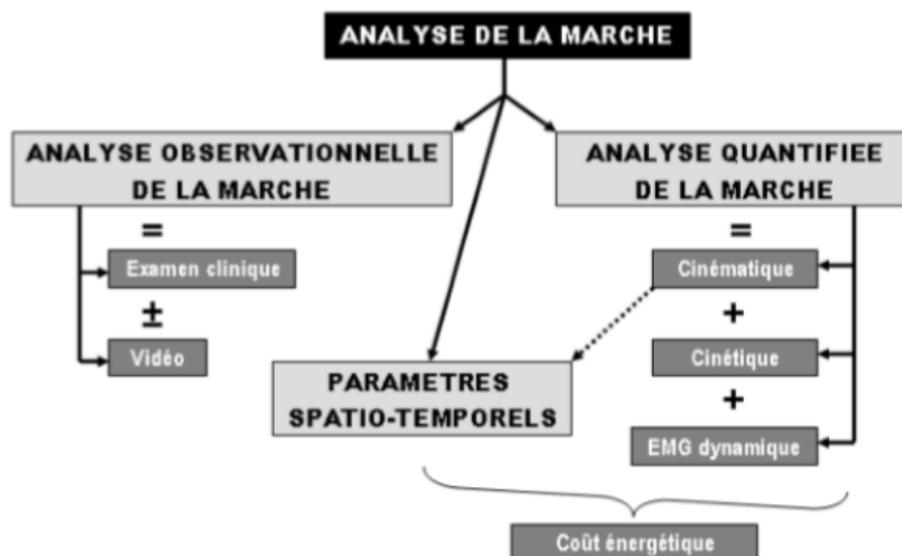


Figure 28: Méthodes d'analyse de la marche, d'après Gasq, Molinier et Lafosse (2009) (48)

L'examen de la marche nécessite :

- **Une analyse observationnelle de la marche et du mouvement** : l'analyse vidéographique de face et de profil est le minimum nécessaire pour analyser une marche, c'est un examen qui est très peu coûteux, permet une analyse mieux détaillée qu'une simple observation clinique, on peut voir la vidéo autant qu'on le souhaite, on peut faire des ralentis ou bien un arrêt sur les moments clés du cycle de la marche ou sur une anomalie donnée durant un moment donné, des enregistrements répétés permettent une surveillance de l'évolution de la marche de l'enfant ainsi que le suivi thérapeutique. Avec un enregistrement vidéo, il est possible de faire une analyse cinématique du mouvement en 2 ou 3 dimensions en plaçant des points repères sur l'enfant et de suivre ces points.

La réalisation de la vidéo de la marche se développe de plus en plus: utilisation d'une caméra numérique fixe lors de la marche et à la station debout, enregistrer une marche sur environ dix mètres de face, de dos et de profil droit et gauche. L'analyse de la vidéo se fait par équipe multidisciplinaire (chirurgiens pédiatres, neuro-pédiatres, rééducateurs...). Cette technique permet des arrêts sur image, des zooms (par exemple : pieds en charge en statique), des ralentis permettant une analyse fine de tous les temps du cycle de marche. Lors de la station debout, on observe les différentes postures de l'enfant.

L'analyse du cycle de marche est faite dans un plan sagittal (longueur et déroulement du pas position du bassin en antéversion ou rétroversion, hanches en flexion ou en extension, genoux en flectum ou en recurvatum, chevilles en flexion dorsale ou plantaire excessive, présence d'une griffe des orteils) ; dans un plan frontal (élévation, rotation du bassin, rotation / abduction-adduction de hanche, genou valgum ou varum, valgus ou varus de l'arrière pied, abductus ou adductus de l'avant pied, hallux valgus, angle de progression du pas).

L'analyse de la technique vidéo possède des limites dans son analyse, tel qu'un angle de vue incorrect (faux profil) qui occasionne une difficulté dans l'analyse des temps de la marche, comme il peut manquer certains temps clé à l'analyse comme l'attaque du pas. Il est ensuite possible de s'aider lors de l'analyse en tentant de répondre à différentes questions selon la phase du cycle de la marche et dans un plan de l'espace déterminé :

Tableau 4: Analyse visuelle de la marche en utilisant des questions ciblées (49)

Plan	Phase cycle de la marche	Questions
sagittal	<p>Attaque du pas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'attaque du pas se fait-elle par le talon (N) ou par l'avant-pied</li> <li>- La cheville est-elle en flexion plantaire ou neutre (N)</li> <li>- Le genou est-il fléchi ou étendu (N)</li> </ul>
sagittal	<p>Fin d'appui</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En fin d'appui, la cheville est-elle en légère flexion dorsale (N) ou en équin, ou en talus</li> <li>- Le genou est-il en extension (N) ou reste-t-il fléchi</li> <li>- La qualité du « TOE OFF »</li> </ul>
sagittal	<p>Phase oscillante</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le passage du pas est-il libre, par flexion dorsale de cheville et flexion efficace du genou et de la hanche</li> <li>- Ou y a-t-il un steppage</li> <li>- Ou des mécanismes de compensation, comme une élévation de l'hémi bassin</li> </ul>
frontal		<ul style="list-style-type: none"> <li>- En appui, le talon est-il neutre, en varus, en valgus (bras de levier)</li> <li>- Position des genoux lors de la phase d'appui, et lors de l'oscillation : frottement inter condylien, ciseaux</li> <li>- Position des hanches et du bassin</li> </ul>

- **Analyse quantifiée de la marche (AQM) :**

C'est un examen médical réalisé dans un laboratoire de marche. L'AQM est aujourd'hui considéré comme un examen à part entière puisqu'il fut évalué puis validé par la HAS en 2006 et introduit dans la Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM)(50).

La pratique de la « lecture » de l'AQM modifie notre approche clinique par un « effet pédagogique » en apprenant à prendre en compte la composante dynamique de la marche à chaque niveau articulaire tout au long du cycle de marche et à l'intégrer dans nos stratégies thérapeutiques (51).

Le but de l'AQM est de réaliser une analyse spatiale et temporelle des mouvements en trois dimensions des articulations (bassin, hanches, genoux et pieds) et des forces appliquées au niveau de ces articulations, d'analyser les mouvements des segments de membre, et d'évaluer l'activité électromyographique des muscles en laboratoire.

Le but de l'AQM est

- D'identifier :
  - Des troubles primaires: qui sont liés directement à la lésion cérébrale (spasticité, faiblesse musculaire, co-contractions...)
  - Des troubles secondaires : rétractions, désordre architecturale (anomalies de rotation, dislocation articulaire...)
  - Des troubles tertiaires dits de compensation pour permettre une meilleure déambulation
- Justifier une démarche thérapeutique.
- Classification en groupes homogènes : hémiplégie, diplégie...
- Comparer objectivement entre deux examens successifs

Pour réaliser et interpréter les AQM, une équipe multidisciplinaire formée à l'analyse clinique de la marche et expérimentée est nécessaire (médecins, biomécaniciens, physiothérapeutes). Une mise à jour régulière et des réunions scientifiques sont indispensables pour une interprétation fine des anomalies de la marche.

L'AQM s'avère très utile mais elle a ses limites liées à l'enfant (taille et coopération) et lié à l'examen lui-même (coût en temps et en personnel).

### **3.7.2.2. Marche du paralysé cérébral**

Au niveau de la cheville, le pied équin spastique résulte d'une parésie des muscles fléchisseurs dorsaux agonistes en particulier le tibial antérieur, et de la rétraction et de la spasticité des muscles antagonistes fléchisseurs plantaires, en particulier triceps sural et tibial postérieur.

Du point de vue structure anatomique du pied le talon permet d'amortir les chocs lors de l'attaque du pas au sol tandis que l'avant pied permet la propulsion du corps en utilisant l'énergie emmagasinée, donc si la marche est digitigrade toutes les fonctionnalités du pied ne sont pas utilisées, et toutes les articulations sus jacentes peuvent en subir les conséquences.

Du point de vue mécanique, la marche digitigrade nécessite une sollicitation permanente du triceps sural.

L'évaluation du pied équin est à la fois clinique et instrumentale, statique et dynamique.

Clinique par la mesure des amplitudes articulaires passives et actives, l'angle de survenue d'un clonus et le grade de la spasticité, et les limites de la marche et évaluer les forces musculaires. En équin, la marche se fait sur la pointe des pieds, L'équin n'entrave pas la marche mais compromet la qualité, gêne le passage du pas, le rend instable et diminue sa longueur.

On note le plus souvent un steppage, l'enfant est obligé de relever fortement son genou à chaque pas pour compenser le déficit des releveurs du pied en phase oscillante et le pied se met en équin dès la fin de cette phase. L'équin dynamique ne s'observe que lors du mouvement et de la marche.

L'évolution naturelle de l'équin dynamique et statique se fait vers un équin irréductible par rétraction du triceps sural.

L'analyse de l'équin est aussi instrumentale par toutes les techniques d'analyse de la marche:

- Vidéo : reproductible avec l'intérêt du ralenti permet d'étudier 4 phases de la marche
- Analyse quantifiée de la marche : c'est l'examen de choix

- **Marche du spastique**

Étant donné la grande variété des troubles moteurs et des atteintes musculo-squelettiques que l'on peut observer chez les enfants avec une PC, il en résulte une grande variété de patrons de marche (Rodda et al., 2004) (52).

**1- L'hémiplégique spastique :** est une paralysie totale ou partielle affectant la moitié du corps et la marche de l'hémiplégique et de l'hémi-parétique est une démarche avec spasticité et fauchage du membre inférieur, la pointe du pied frotte avec le sol et le membre inférieur décrit un arc de cercle à concavité interne.

La marche de l'hémiplégique est caractérisée par une réduction de la vitesse de marche, la longueur et la cadence du pas sont plus faibles que celles d'une marche normale donc il se produit une décomposition des phases du cycle de la marche :

- Les durées des phases d'appui du côté atteint comme du côté sain sont plus longues par rapport à la marche normale.
- La durée de la phase d'appui du côté sain en temps et en pourcentage du cycle est plus importante que celle du côté atteint.
- La majeure partie du cycle de marche chez l'hémiplégique se fait en phase de double appui et donc une diminution de la durée de la phase d'appui unilatéral du côté hémiplégique. Le membre atteint a une difficulté à maintenir l'équilibre du corps et donc le passage de la jambe d'arrière en avant est ralenti.

1987, Winter et al. ont proposé une classification en quatre types d'atteinte croissante chez l'hémiplégique spastique, allant du type I le plus faible au type IV le plus sévère :

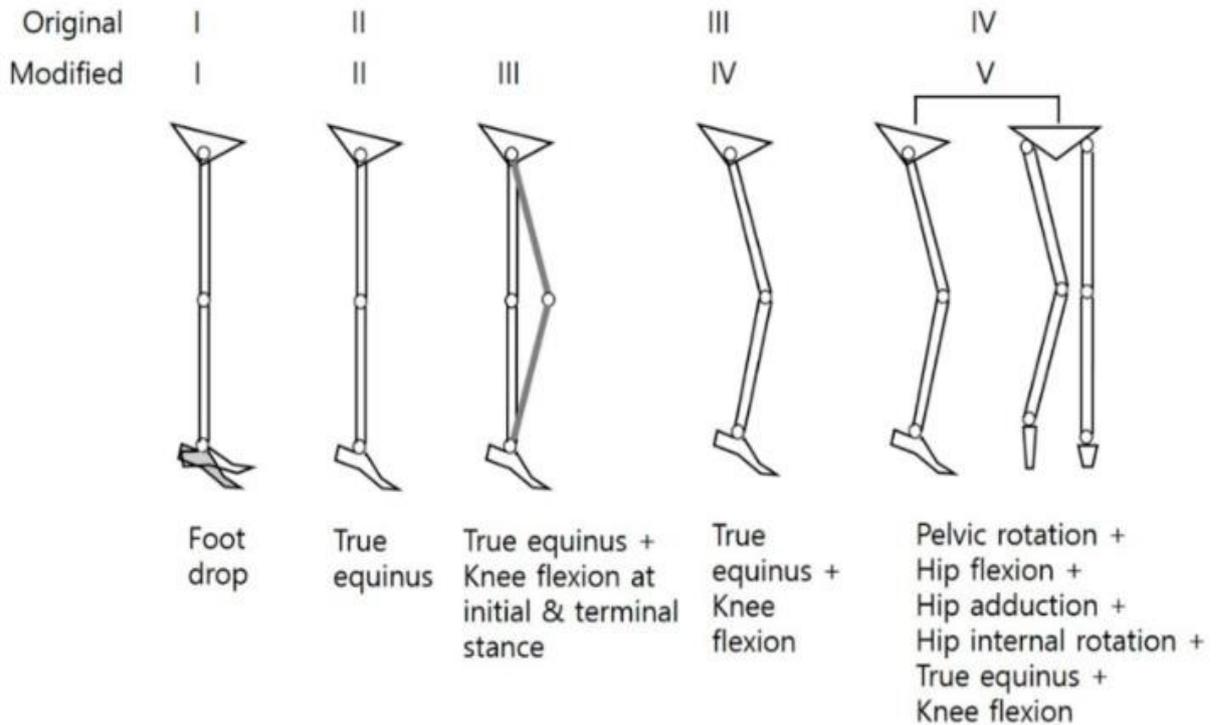


Figure 29: Classification de la marche de l'hémiplégique spastique selon Winter (53)

**Le type I : « Drop Foot »** est caractérisé par un défaut de flexion dorsale de la cheville en phase oscillante causée par une faiblesse du tibialis anterior avec une prédominance de l'activité des gastrocnémiens entraînant une attaque pied à plat ou sur la pointe du pied. Le premier contact du pied avec le sol par le talon est absent. Il n'y a pas de limitation de la flexion dorsale en phase d'appui. Pour compenser ce défaut, l'enfant augmente le plus souvent la flexion du genou et de la hanche en phase oscillante, facilitant ainsi le passage du pas, il n'existe souvent aucune rétraction. Ces enfants contrôlent très mal leur cheville alors qu'ils contrôlent bien le genou et la hanche.

**Type II : « true equinus »** correspond à une atteinte très distale, peut être considéré comme une évolution naturelle du type I caractérisé par une flexion plantaire de la cheville en phase d'appui avec angle tibio-tarsien supérieur à 90°. Ces enfants présentent une rétraction du triceps sural et/ou du tibialis postérieur et/ou du long fléchisseur des orteils. Le bassin est normal ou antéversé. Les muscles concernés sont les gastrocnémiens et le tibial postérieur.

**Type IIA** : true equinus – genou normal et hanche en extension.

**Type IIB** : true equinus – genu recurvatum et hanche en extension. Cette limitation de flexion dorsale en phase d'appui entraîne une tendance au renvoi du genou en arrière d'où le recurvatum.

**Type III** : « true equinus / jump knee » : l'atteinte est plus étendue, elle touche la cheville et le genou. Les enfants présentent les anomalies de type II avec un excès de flexion de genou à l'attaque du pas ainsi qu'une flexion limitée et retardée en phase oscillante. Il existe des co-contractions des ischio-jambiers et du droit fémoral au niveau du genou. L'examen clinique retrouve une rétraction des gastrocnémiens et du soléaire, un Ely test positif et une diminution de l'angle poplité avec spasticité des muscles ischio-jambiers et rectus femoris.

L'hémiplégique de type III est gêné lors du passage du pas en phase oscillante et compense en montant sur le pied controlatéral ou en fauchant du côté hémiplégique. On observe une flexion excessive de la hanche et une antéversion du bassin se sont des compensations simples ou combinées qui se mettent en place, Il y a un bon contrôle volontaire de la hanche mais absence du contrôle du genou et de la cheville.

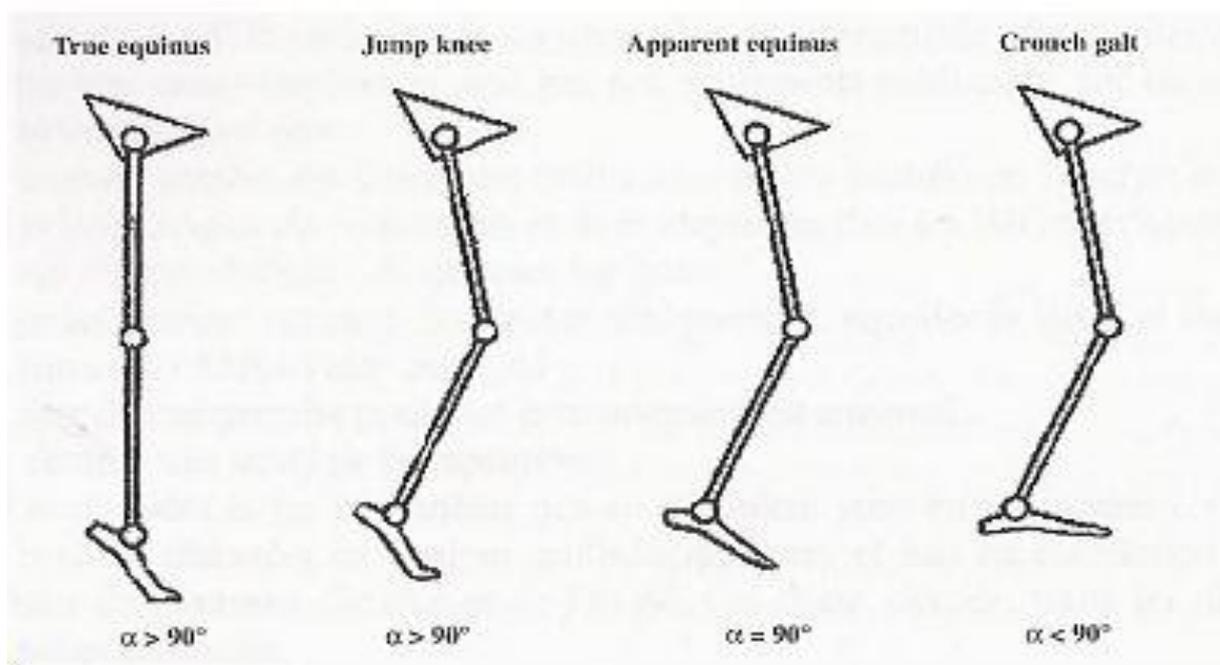
**Type IV** : Il possède toutes les caractéristiques du type III mais l'atteinte neurologique est plus importante s'étendant jusqu'à la hanche (atteinte du psoas et adducteurs de hanche). Ces sujets présentent à la marche une flexion plantaire de cheville en phase oscillante et en phase d'appui, une diminution de la mobilité avec une insuffisance d'extension du genou en milieu et en fin d'appui, une insuffisance de flexion en phase oscillante, une adduction / rotation interne et une flexion de la hanche. La limitation du mouvement au niveau de la hanche est compensée par l'augmentation de la lordose lombaire en fin de phase d'appui. L'examen clinique retrouve, outre les anomalies du type III, une rétraction des adducteurs et du muscle gracilis, une rétraction du psoas et un excès de rotation interne de hanche. La plupart des muscles atteints sont le psoas iliaque, les ischio-jambiers, le droit antérieur et les gastrocnémiens.

La classification Winters d'origine a été modifiée comme suit : un patient avec une amplitude normale de mouvement du genou mais ayant une flexion accrue du genou au contact initial et une phase de posture terminale de la démarche a été classé dans le type III (53).

Par conséquent, les patients avec le type III d'origine avec une flexion accrue du genou et le type IV avec une flexion accrue de la hanche, la rotation interne de la hanche et la rétraction pelvienne ont ensuite été reclassifiés comme type IV et type V, respectivement (53).

**2- La marche de la diploégie spastique:** la diploégie spastique ou maladie ou syndrome de Little fixe en extension les membres inférieurs qui sont posés alternativement en avant par une inclinaison et rotation du tronc du côté opposé Parfois l'adduction des cuisses entraîne à chaque pas un croisement des membres inférieurs (c'est la démarche en ciseaux).

Rodda et Graham (2004) ont proposé une classification des patterns de marche dans un plan sagittal en considérant l'ensemble bassin, hanches, genoux, chevilles et en prenant en compte la sévérité de la pathologie.



*Figure 30: Classification de la marche du diploégique spastique selon Rodda et Graham (2001/2004) (51)*

**Type I « True equinus »** : pied équin, cheville en excès de flexion plantaire, angle tibio tarsien supérieur à 90°, genoux en extension voir en récurvatum, hanches en extension, bassin en position normale ou antéversé tout au long du cycle de la marche. Le true equinus est dû à une spasticité du triceps sural qui est dominante.

**Type II « jump gait »** : une cheville en équin à la fin de la phase d'appui, angle tibio tarsien supérieur à 90° en fin de la phase d'appui, les genoux et les hanches en flexion à la fin de la phase oscillante et au début de la phase d'appui, le bassin est normal ou en antéversion avec une lordose lombaire.

**Type III « apparent equinus »** : une cheville avec une amplitude de mouvement normale, genoux et hanches en flexion tout au long de la phase d'appui, le bassin est normal ou antéversé.

**Type IV « crouch gait » ou « stiff knee »** : cheville en flexion dorsale excessive tout au long de la phase d'appui, genoux et hanches en excès de flexion tout au long de la phase d'appui, le bassin est normal ou rétro versé. Il existe une faiblesse des extenseurs de la cheville, le triceps sural est allongé ou faible, les ischio-jambiers et l'ilio-psoas sont spastiques et/ou contractés de façon dominante et faiblesse des extenseurs de la hanche.

**Type V « asymmetric gait »** : un patron de marche asymétrique, c'est à dire que les jambes présentent les caractéristiques de deux groupes différents.

Le true equinus et le jump gait sont les formes les plus fréquentes chez les enfants qui commencent à avoir une autonomie de marche, puis l'évolution va se faire vers l'apparent equinus et le crouch gait. Cette évolution naturelle du Patterns de marche chez le diplégique explique les désordres musculaires qui surviennent du distal vers le proximal.

Chez le diplégique il existe plusieurs types de marche :

- Marche en genou raide ou « stiff knee » : il existe un retard de flexion du genou, une spasticité du droit fémoral en phase oscillante entraînant un frottement du pied au sol, afin de pallier à ce problème l'enfant réalise une surcumduction de la hanche. La principale cause de ce type de marche est l'activité accrue du droit fémoral, une faiblesse des fléchisseurs de la hanche, et une activité dominante et anarchique des ischio-jambiers.

- La marche en sautillant (jump gait).
- La marche en hyper extension du genou (genu recurvatum) : extension excessive du genou en phase d'appui par hyper activité du quadriceps et du triceps. Ce recurvatum est dû à un équin important et irréductible de la cheville.
- La marche en triple flexion (crouch gait) : absence d'extension du genou en phase oscillante et excès de sa flexion lors de la phase d'appui, ce qui entraîne une antéversion exagérée du bassin et d'une dorsiflexion de la cheville.

**La marche ataxique cérébelleuse** : Marche ébrieuse, faite d'embardees. En station debout, il existe des oscillations et un élargissement du polygone de sustentation.

L'examen neurologique analytique pourra retrouver les éléments cérébelleux de dysmétrie, d'hypermétrie et d'adiadocosynésie.

Les signes cérébelleux sont difficiles à identifier chez l'enfant jeune de.

L'analyse du demi-tour et les chutes prédominantes lors de cette manœuvre de demi-tour sont un bon élément clinique d'orientation pour suspecter un trouble ataxique.

**La marche du dystonique** : Les troubles de type dystonique sont caractérisés par leur caractère relativement fluctuant au cours du mouvement ou au cours du temps par opposition à l'atteinte spastique, il s'agit de prises de postures anormales avec une co-contraction des agonistes et des antagonistes d'un segment de membre.

L'analyse neurologique peut retrouver des mouvements choréiques ou athétosiques associés, ainsi qu'une hypertonie de fond, cette fois-ci de type plastique.

Les troubles de la marche d'origine dystonique varient selon la topographie de l'atteinte centrale du système extrapyramidal (atteinte d'un membre ou atteinte plus diffuse).

# ***METHODES THERAPEUTIQUES***

## **4. Méthodes thérapeutiques**

La lésion cérébrale étant définitive, le traitement n'aura aucune influence sur elle. Les anomalies secondaires étant évolutives, c'est à ce niveau que les moyens thérapeutiques auront une chance d'être efficaces (54).

Le pied équin est la déformation orthopédique la plus fréquemment retrouvée chez le paralysé cérébral, elle justifie des mesures thérapeutiques :

- Traitement médical : à un stade précoce la prise en charge consiste essentiellement à lutter contre la spasticité en utilisant des moyens médicaux qui s'accompagne selon le cas d'une kinésithérapie régulière et d'un appareillage adapté.
- Traitement médicamenteux : la spasticité est le seul élément du syndrome pyramidal accessible à un traitement. Sa prise en charge est pluridisciplinaire et les différents traitements existants en sont la preuve. Ils sont le plus souvent associés (14). Le traitement de la spasticité associe en général des méthodes physiques à l'utilisation pharmacologique de toxine botulique en injection intramusculaire dans les muscles responsables de la déformation (55).
- Chirurgie : Les techniques chirurgicales sont multiples incluant des gestes ostéo-articulaires, musculotendineuses et même nerveuses. Ces gestes seront discutés selon le tableau clinique du patient.

Avant de faire le choix d'une méthode de traitement il faut bien connaître les moyens thérapeutiques, mais, avant tout bien préciser les buts à atteindre.

Le but du traitement est d'améliorer la qualité de la marche, en obtenant un déroulement du pas normal ou plantigrade en vue d'augmenter la stabilité de l'appui au sol. Les buts à atteindre ne sont pas les mêmes en fonction de l'âge. Ils peuvent être orthopédiques (correction anatomique des déformations pour gérer au mieux la croissance), fonctionnels ou esthétiques.

La stratégie thérapeutique doit être élaborée et validée par une équipe pluridisciplinaire associant neurologue, médecin rééducateur, kinésithérapeute, et chirurgien orthopédiste, en accord avec les proches et la famille, et en fonction des objectifs fonctionnels pour chaque patient.

## **4.1. Traitement orthopédique**

### **4.1.1. La kinésithérapie et la rééducation motrice**

La kinésithérapie doit obligatoirement être indiquée de première intention chez l'enfant présentant une paralysie cérébrale.

Durant la première année, les séances de kinésithérapie pourront être faites à domicile; ce n'est que dans les cas d'atteinte très importante que l'enfant doit être orienté vers des services spécialisés.

Durant la deuxième année, les formes hémiplegiques légères peuvent être suivies par des kinésithérapeutes de famille, mais en cas de troubles plus sévères l'enfant est obligatoirement dirigé vers des centres spécialisés.

Vers l'âge de 3 et 4 ans, l'orientation de l'enfant vers les centres spécialisés dépendra de ses acquisitions d'une déambulation correcte, et pendant cette période certaines rétractions tendineuses peuvent nécessiter des interventions chirurgicales.

Le but de la kinésithérapie est d'inhiber la réponse motrice spastique spontanée, de conserver les amplitudes articulaires avec une longueur musculaire adéquate, de préserver ou de restaurer la force, et stimuler les niveaux d'évolution motrice. Elle permet de renforcer les antagonistes notamment les fléchisseurs dorsaux de la cheville et améliore le schéma de marche.

Dans un premier temps, il faut réaliser une mobilisation passive de l'articulation avec des temps de posture afin d'éviter l'apparition des rétractions. Pour le muscle triceps sural, il faut prendre l'arrière pied dans la paume de la main afin de s'opposer à un éventuel valgus compensateur. Le pied du paralysé cérébral possède une articulation sous astragaliennne fragile qui peut se luxer facilement. Pour inhiber la contraction en extension du membre inférieur, on commence les séances de rééducation par une flexion des orteils, du genou et

de la hanche. Progressivement, le genou est étendu pour étirer le muscle gastrocnémien. La mobilisation ne doit pas être douloureuse afin d'éviter l'apparition de spasticité.

Dans un second temps, le thérapeute guide l'acquisition des niveaux d'évolution motrice (NEM) et à chaque niveau réalise un travail d'équilibre et le schéma de la marche doit être corrigé.

Pour éviter la rétraction du triceps sural et l'équin, on posture l'articulation de façon douce et progressive pour éviter un réflexe d'étirement phasique et à l'angle maximal de dorsiflexion sans entraîner un réflexe d'étirement (14).

#### **4.1.2. Les plâtres et orthèses**

- **Les plâtres orthopédiques** d'étirement successifs ou les orthèses constituent un complément des traitements médicamenteux ou chirurgicaux.

Il est démontré que si l'on plâtre un membre en position raccourcie, le muscle perd des sarcomères et 40% de sa force et de son poids (56). Ceci explique la perte des sarcomères d'un muscle contracté en permanence. Le but des plâtres successifs est de récupérer en nombre des sarcomères et augmentation de la longueur de la partie contractile du muscle sans modifier la longueur du tendon en utilisant la capacité du muscle à s'adapter à la longueur imposée

Selon une étude menée au Centre de Médecine Physique et de Réadaptation pour enfants et adolescents de Bois Larris, si le but des plâtres successifs est d'augmenter uniquement le nombre des sarcomères du muscle triceps sural sans modifier la longueur du tendon, la durée du port des plâtres doit être de 15 jours au maximum (57).

- **Les orthèses** ont une place importante dans la prise en charge du membre inférieur des enfants touchés par la paralysie cérébrale. Elles font partie intégrante de la prise en charge.

Les orthèses sont souvent utilisées pour gérer les écarts de démarche dans la PC, en particulier les orthèses cheville-pied.

La prescription d'une orthèse doit tenir compte :

- De l'hyperactivité des muscles tibial postérieur et triceps sural (échelle d'Ashworth);
- De la force des releveurs ;
- De la statique plantaire (pied varus et/ou talus en phase d'appui);
- De l'âge de l'enfant ;
- De l'attente des parents

Il existe deux types d'orthèses :

- Les attelles de posture : dites « de positionnement » utilisée pour la prévention d'une éventuelle rétraction musculo tendineuse,
- Les orthèses de fonction : dites « de fonctionnement » qui aide à la déambulation. Les attèles ne peuvent être utilisées s'il y a des déformations importantes ou fixées.

**Les attelles de posture** : jouent un rôle de « tuteur » permettant aux articulations d'être correctement axées (58). Ce sont des attelles de nuit. Il existe des attelles d'abduction pour empêcher les rétractions musculaires en adduction, des attelles cruro-jambières qui empêchent les rétractions des muscles ischio-jambiers, les attelles tibio-pédieuses pour limiter l'équin du pied et limiter les rétractions du muscle triceps sural.

**Les orthèses de fonction** ont pour objectif d'améliorer la marche.

- L'utilisation d'une orthèse suro-pédieuse permet d'améliorer la marche avec une augmentation de la vitesse et de la longueur du pas, tout en luttant contre l'équin du pied (59). Lorsque cette attèle est rigide, elle a pour effet de diminuer la flexion plantaire du pied lors de l'attaque du sol et de corriger le recurvatum du genou lors de la phase d'appui. Elle permet aussi de stabiliser l'arrière-pied. Lorsque cette orthèse est articulée, elle permet un meilleur déroulement du pas lors de la marche en donnant une petite flexion dorsale au pied, elle est surtout indiquée lorsqu'il existe une déficience des releveurs du pied.

## 4.2. Traitement chirurgical

L'indication pour corriger des équins partiellement fixes ou fixes était basée sur un traitement conservateur antérieur insuffisant, y compris des injections de toxine botulique avec ou sans moulage, orthèse cheville-pied et nuit attelle (60).

La chirurgie orthopédique est primordiale dans la prise en charge des difficultés motrices de l'enfant paralysé cérébral. Les objectifs de l'orthopédiste sont d'obtenir une correction biomécanique du système musculo-squelettique afin d'améliorer la fonction motrice et pour certains la qualité de vie et le confort.

La prise en charge chirurgicale consiste en une action sur le nerf afin de lutter contre la spasticité, ou une action sur les tendons par allongement, transfert ou ténotomies pour lutter contre les raideurs extra-articulaires causées par la spasticité, ou action osseuse pour contrer les arthropathies type raideurs articulaires, instabilités, souffrances articulaires...

Il est à noter que lorsque la raideur s'associe à une spasticité il faut dans un premier temps corriger la raideur, ce qui permet souvent de réduire voire faire disparaître cette spasticité par modification du réflexe d'étirement.

Pendant longtemps la correction des déformations à un niveau ou par des associations sélectives a été le traitement de base conduisant à des interventions multiples étalées sur plusieurs années (birthday syndrome : *Mercer Rang 2000*) multipliant les périodes d'hospitalisation et de rééducation. cette conception ne permettait pas de résoudre l'ensemble de la mécanique pathologique engendrée par les déformations des membres (20).

Pour atteindre l'équilibre du plan sagittal et éviter des épisodes répétés de chirurgie et de rééducation, plusieurs interventions chirurgicales peuvent être combinées en une seule séance, connue sous le nom de chirurgie multi niveau à événement unique. La chirurgie à plusieurs niveaux à événement unique (SEMLS) a été décrite pour la première fois par Norlin et Tkaczuk en et Browne et McManus en 1987 (61).

La chirurgie à plusieurs niveaux à événement unique a été défini comme deux ou plusieurs interventions chirurgicales sur les tissus mous ou les os à deux niveaux anatomiques ou plus au cours d'une intervention chirurgicale, ne nécessitant qu'une admission à l'hôpital et une période de réadaptation (62).

La chirurgie d'amélioration de la marche à plusieurs niveaux (SEMLS) en un seul événement est devenue la norme de soins dans de nombreuses institutions pour le traitement des enfants ambulants atteints de paralysie cérébrale, la chirurgie de l'équin est rarement réalisée de manière isolée et plus couramment réalisée de concert avec d'autres procédures chirurgicales conçues pour corriger le dysfonctionnement du bras de levier, améliorer la biomécanique du couple flexion plantaire / extension du genou et corriger les contractures musculo-squelettiques fixes (63).

La chirurgie à plusieurs niveaux à événement unique doit être réalisée par des chirurgiens experts dans les concepts et les techniques impliquées, la chirurgie ne doit pas se faire de manière isolée, mais devrait être considérée comme faisant partie d'un programme de prise en charge plus large pour l'enfant et en collaboration avec d'autres experts susceptibles de mieux comprendre l'enfant. Une bonne indication, une bonne réalisation technique et une rééducation postopératoire peuvent alors laisser espérer un bon résultat.

Certains auteurs comme Graham en 2001 considèrent qu'une bonne prise en charge chirurgicale orthopédique doit être réalisée après l'âge de 6 ans, la toxine botulique trouve sa place avant cette indication chirurgicale (14).

La chirurgie multi étagée comprend :

- Suite à un examen clinique minutieux, une bonne évaluation fonctionnelle et une analyse quantifiée de la marche il faut dresser un programme opératoire.
- Une préparation psychologique de l'enfant et de sa famille car la chirurgie dépend d'un niveau élevé d'engagement de la part de l'enfant et de sa famille.
- Des soins péri opératoires.
- Préparer une rééducation post opératoire de longue durée, bien codifiée et supervisée par le chirurgien orthopédiste.
- Prévoir des orthèses.
- Une analyse quantifiée de la marche 12 à 24 mois après la chirurgie.
- Une surveillance jusqu'à l'âge adulte.

#### **4.2.1. Chirurgie des parties molles : musculo-tendineuse**

##### **4.2.1.1. Chirurgie du triceps sural**

L'équin est dû à une rétraction, un raccourcissement et / ou une spasticité du triceps sural ainsi, il peut nécessiter une correction chirurgicale.

La correction de l'équin du pied est l'une des plus anciennes interventions en orthopédie, initialement c'était des interventions sur le tendon calcanéen, ensuite elle a été modifiée en fonction du patient et de sa pathologie.

Une bonne évaluation de l'équin et une définition fondée sur des données probantes sont des points de discussion préliminaires essentiels. Barouk et Barouk ont décrit la bonne technique comme utilisant la manœuvre Silfverskiold pour différencier l'équin gastrocnémien (GE) de l'équin gastrocnémio-soléus (GSE) (64).

L'allongement chirurgical est utilisé pour traiter à la fois la suractivité et le raccourcissement du muscle agoniste spastique chez les enfants atteints de paralysie cérébrale et ceci pour réaliser la fonction du muscle antagoniste (65).

L'allongement pratiqué en zone aponévrotique ou musculaire reste stable, alors qu'une technique pratiquée en zone tendineuse pure produit un allongement plus important mais est moins stable et nécessite une immobilisation pour ne pas risquer un excès d'allongement (66).

Plus l'acte est distal et plus la correction est meilleure cependant plus l'allongement est important, plus le muscle s'affaiblit.

Les différents niveaux de récessions gastrocnémiennes :

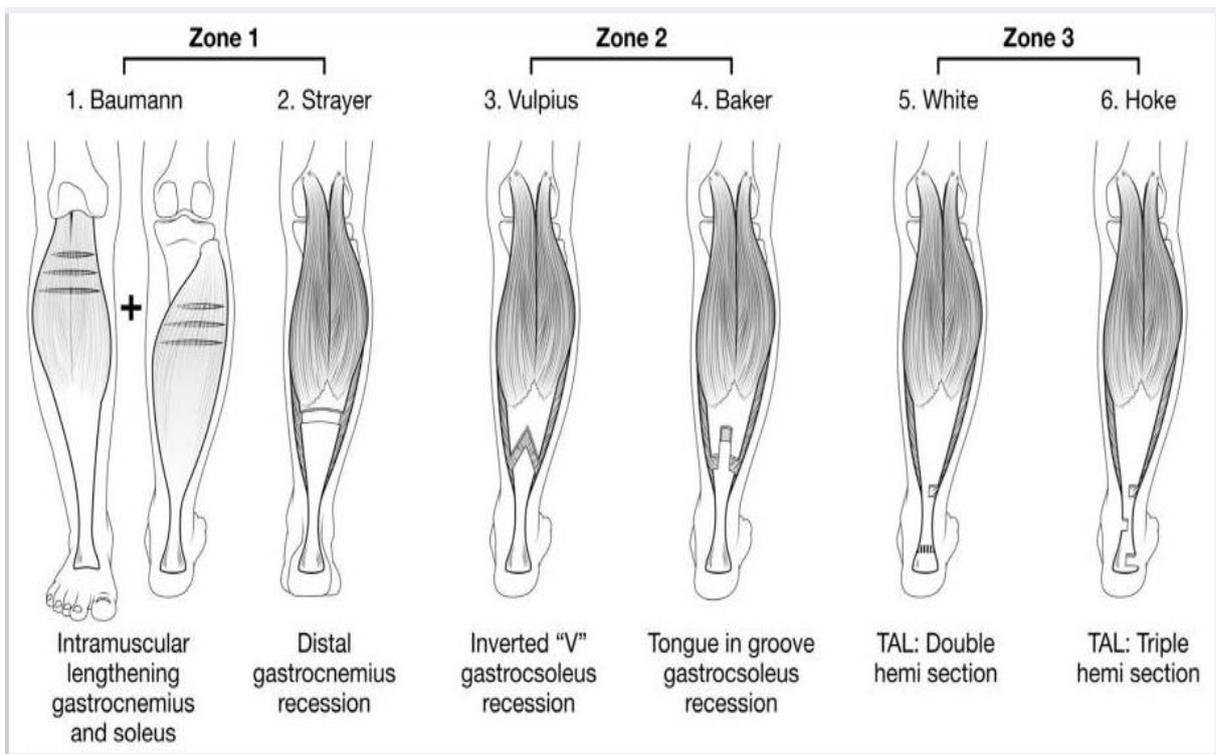


Figure 31: Techniques chirurgicales d'allongement du gastroc-soléus basées sur la classification zonale de l'unité muscle-tendon gastroc-soléus (67)

- **Interventions en zone 3 (zone tendineuse): tendon d'Achille :** tout le tendon du muscle triceps sural est concerné par la ténotomie, la ténotomie percutanée du tendon calcanéen est abandonnée.

Chez les enfants atteints de paralysie cérébrale spastique (PC), le traitement du pied équin par chirurgie d'allongement du tendon d'Achille (ATL) est associé à une incidence élevée de sur correction, ce qui peut entraîner une démarche accroupie (68).

Hatt et Lamphier, en 1947, ont rapporté de bons résultats avec la triple hémisection percutanée du tendon d'Achille et ont attribué à Hoke l'originalité de l'idée. Plus tard, Bleck effectué la triple hémisection du tendon, réalisée ouvertement comme un moyen de traiter l'équin spastique et d'éviter les hypercorrections (69).

Alors qu'une récession gastrocnémienne peut être efficace aux premiers stades, la paralysie cérébrale à un stade avancé peut nécessiter un ATL pour obtenir la correction nécessaire (70).

- La section complète du tendon d'Achille : est indiquée pour les cas les plus graves de paralysie cérébrale (GMFCS V), formellement contre indiquée chez les paralysés cérébraux marchants, elle n'a pas un but fonctionnel mais juste pour une adaptation du pied aux orthèses, aux chaussures ou au fauteuil roulant. Cette section se fait au niveau de la partie la plus étroite du tendon.

- L'allongement en « Z » du tendon d'Achille : c'est une technique qui est actuellement peu utilisée, par une incision cutanée sur le bord médial du tendon, on réalise une coupe longitudinale du tendon, puis une section proximale et une section distale, on réalise une dorsi-flexion de la cheville à 90° afin de permettre le glissement des deux hémisections l'une par rapport à l'autre, puis les moignons tendineux sont suturés ensemble et en position neutre.

- Technique d'hémisection triple (Hoke) : L'allongement percutané peut être réalisé par deux ou trois ténotomies partielles transversales, peut se faire en percutané comme il peut se faire à ciel ouvert.

Un allongement sous-cutané isolé de Hoke ou de White du tendon d'Achille n'est pas associé à un risque de complications graves, tout en offrant de bons résultats thérapeutiques à long terme, ainsi qu'un bon effet esthétique et fonctionnel (71).

L'allongement sous-cutané du tendon d'Achille minimise les coûts et le temps d'hospitalisation des patients et utilise une technique opératoire relativement simple

Cette technique expose risque d'atteinte des structures voisines (nerf sural, nerf tibial, ...) ou la rupture des hémisections.

Une récurrence de la déformation a été rapportée chez 43,42% des patients. Les récurrences étaient plus fréquentes chez les personnes atteintes de paralysie cérébrale hémiparétique (71).



*Figure 32: La technique de l'hémisection triple percutanée (Hoke) (69)*

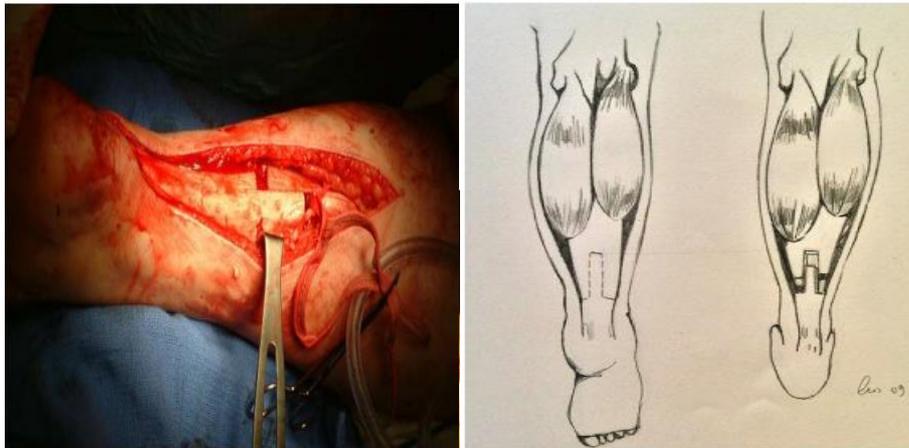
Un allongement excessif peut provoquer une démarche calcanéenne et peut entraîner des conséquences plus délétères que le problème de présentation initial du patient (70).

○ **Interventions en zone 2 (zone aponévrotique):** La zone 2 s'étend de l'extrémité distale du ventre médial du muscle gastrocnémien jusqu'à l'extrémité du muscle soléaire, les allongements au niveau de la zone 2 sont les plus indiqués dans la correction de l'équin spastique.

Technique de Vulpius : consiste en une section en "V" inversé faite à travers les couches formées par les aponévroses des gastrocnémiens et du soléaire près de la jonction musculo-tendineuse, avec l'apex de la coupe situé au milieu de la zone 2 (69). Le raphé médian est aussi sectionné. Les structures à risque sont la petite veine saphène et le nerf sural qui recouvrent le tendon à ce niveau.

Bien que l'allongement Vulpius soit souvent associé à une coupe en "V" inversé, les coupes peuvent également être horizontales ou diagonales, voir même un « V » avec pointe vers le bas.

- Technique de Baker : l'aponévrotomie est effectuée dans la même région de la technique Vulpius, mais la coupe est réalisée en "U" inversé (69).



*Figure 33: Récession gastrocnémienne selon Baker (72)*

- Technique de Strayer : est une aponévrotomie gastrocnémienne distale et n'allonge que la partie gastrocnémienne. C'est la procédure la plus utilisée chez les enfants atteints de diplopie spastique et de « gastrocnemius equinus ». Indiquée lorsque le test de Silfverskiöld est positif.

La technique du Strayer implique une séparation complète du tendon gastrocnémien du tendon soléaire.

De nombreux cliniciens confondent la technique présentée par Vulpius et Stoffel et celui présenté par Strayer. La différence entre les deux techniques est que le Vulpius la récession gastrocnemius-soleus comprend un allongement du muscle de la plante, tandis que la technique Strayer n'allonge pas le muscle de la plante (73).

Les procédures de zone proximale comme l'aponévrotomie de Strayer sont sélectives, stables et associées à un faible taux de sur-correction et d'accroupissement au détriment de taux importants de récurrence de l'équin (8).

Le Strayer offre une excellente correction de la déformation mais a un coût (74). Molund and co. dans leur étude de la procédure Strayer pour des troubles du pied multiples, ont montré une faiblesse de 22% de la flexion plantaire après l'opération (74).

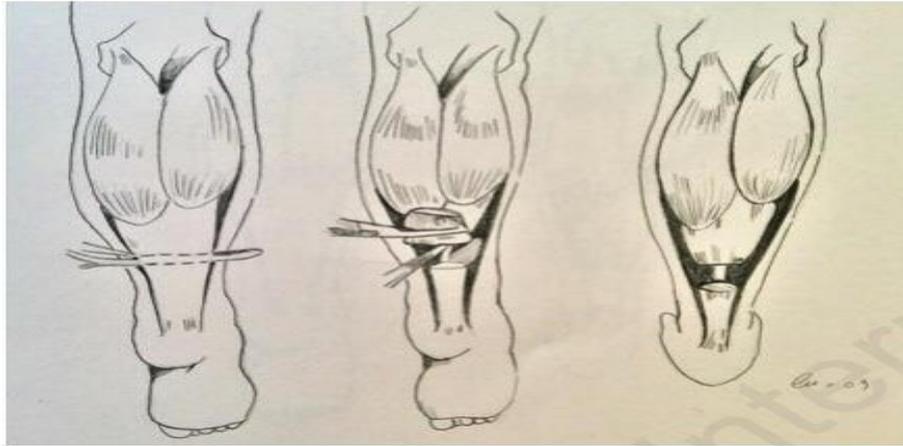


Figure 34: Temps opératoires pour l'allongement sélectif de Strayer (72)

Récemment, différentes techniques de récessions musculaires gastrocnémiennes mini-invasives ont été décrites une seule réalisée par écho guidage, qui consiste à sectionner le tendon gastrocnémien par la technique dite de «Strayer» au niveau de l'allongement anatomique du muscle gastrocnémien (75).

○ **Intervention en zone 1 : (zone musculaire)**

- **Technique de Baumann et Koch** : c'est une technique qui consiste en un allongement sélectif intramusculaire du gastrocnémien et du soléaire effectué dans l'intervalle entre le gastrocnémien et le fascia du soléaire, cet allongement est basé sur un glissement qui s'effectue entre les aponévroses du gastrocnémien et du soléaire qui sont en contact.

C'est une technique qui donne des améliorations significatives des paramètres cinématiques et cinétiques de la cheville lors de l'analyse de la marche ainsi que de la flexion dorsale passive à l'examen clinique ont été constatées un an après la chirurgie (64).

Bien qu'il y ait eu une perte significative de la flexion dorsale passive au moment du suivi à long terme, les améliorations des paramètres d'analyse de la marche ont été maintenues (64).

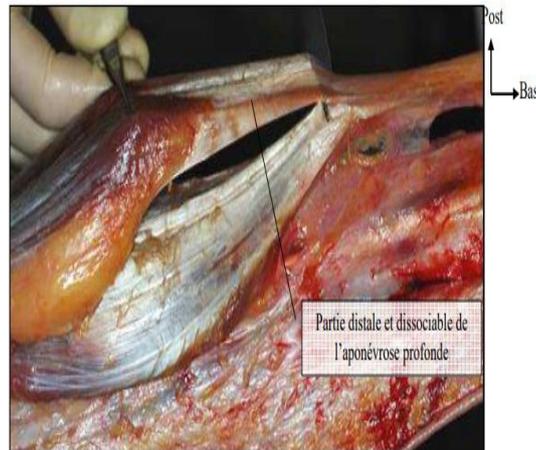


Figure 35: Vue médiale de l'aponévrose distale du muscle gastrocnémien (6)

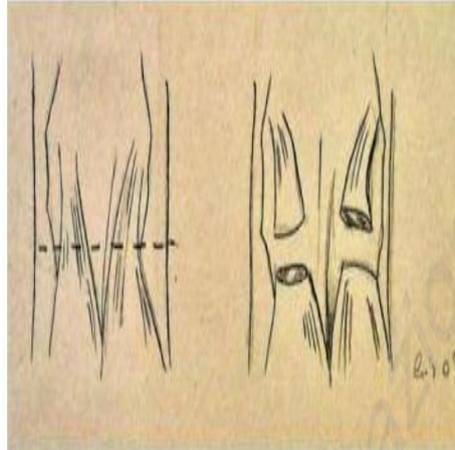


Figure 36: Technique de Baumann et Koch (72)

La technique de Baumann possède plusieurs avantages : l'allongement est intramusculaire ce qui préserve la force musculaire par rapport à un allongement tendineux ; il offre au chirurgien la capacité d'effectuer un contrôle séquentiel de l'allongement des gastrocnémiens jusqu'à ce que l'allongement désiré soit atteint ; l'incision est esthétique ; l'installation du patient est simple.

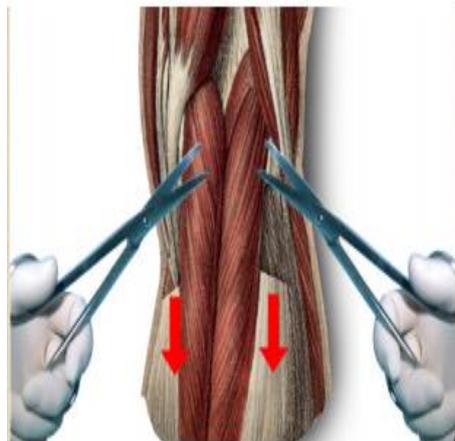
- **Technique de Silfverskiold:** c'est une intervention indiquée surtout en cas de douleurs au niveau du pied, par une incision transversale postérieure, à environ 1 cm au-dessous du pli poplité, on réalise une section des aponévroses des gastrocnémiens à hauteur de la tête supérieure de la fibula, à ce niveau l'aponévrose est épaisse.

En 1999, technique de Silfverskiold qui consistait à sectionner les deux têtes des gastrocnémiens et qui était indiquée dans l'équin spastique,

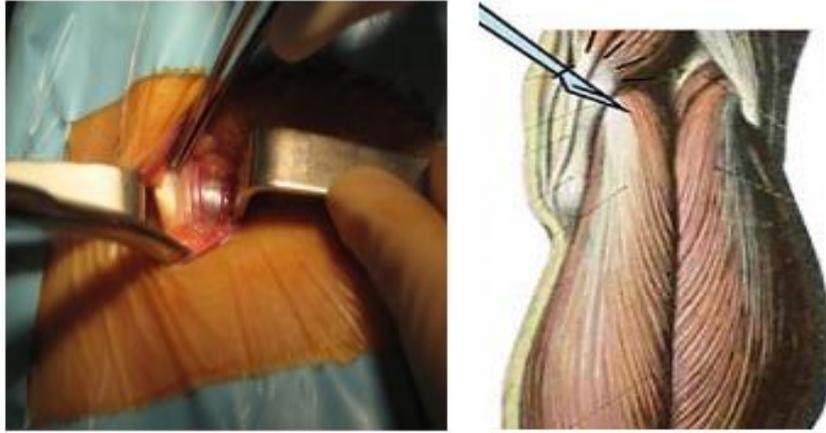


*Figure 37: Technique de Silfverskiöld (72)*

Ensuite en 1999- 2005 on réalise la section unique des fibres blanches du gastrocnémien médial et latéral, indiquée dans le pied équin statique,



*Figure 38: Section des fibres blanches des gastrocnémiens (76)*



*Figure 39: Fasciotomie de la tête médiale du gastrocnémien (77)*

C'est une technique utilisée dans l'équinisme de faible amplitude car on peut maîtriser l'allongement.

Les avantages de cette technique est de garder une continuité aponévrotique qui est dû à la disposition bi planaire des fibres musculaire car seules les fibres insérées sur la partie sectionnée des aponévroses (partie postérieure donc superficielle) vont pouvoir glisser lors la manœuvre de flexion extension (6).

C'est une technique qui peut être associée à une neurotomie du soléaire par la même incision.

○ **Allongement endoscopique du triceps sural** : La libération endoscopique du tendon gastrocnémien a été décrite par Tasjian et DiGiovanni en 2003 (78). C'est une technique mini-invasive nécessitant un arthroscope et des portails cutanés.

Les avantages de cette technique c'est moins de douleurs, une intervention avec le minimum de saignement, et sans cicatrice disgracieuse.

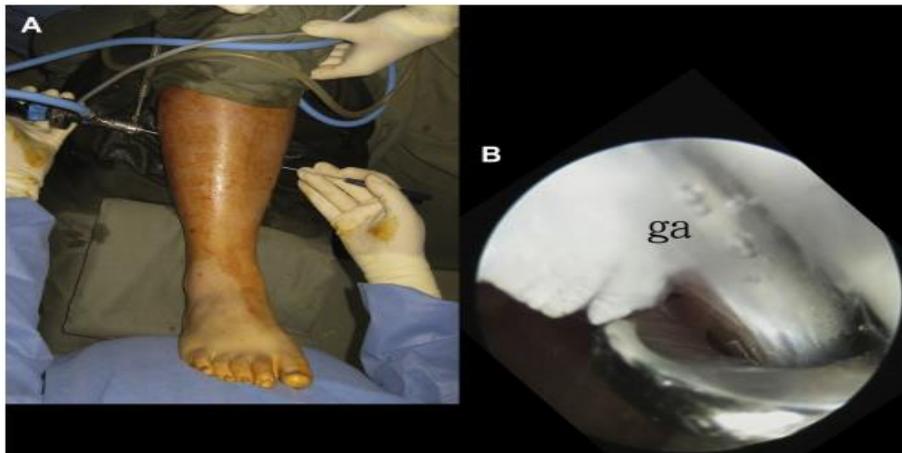


Figure 40: Récession endoscopique de la moitié de l'aponévrose gastrocnémienne (79)

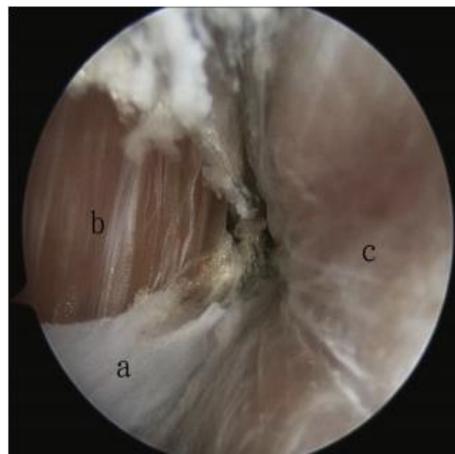


Figure 41: Récession endoscopique totale de l'aponévrose gastrocnémienne (79)

#### 4.2.1.2. Allongement du tibial postérieur

L'allongement du tibial postérieur est réalisé par aponévrotomie, à travers une incision à la face interne du tiers inférieur de la jambe. Après section de l'aponévrose, un allongement intramusculaire est réalisé.

#### 4.2.1.3. Transfert et Allongement du tendon tibial Postérieur

Indiqué dans les déformations en varus du pied avant l'âge de 10 ans, il s'agit d'un transfert du tendon tibial postérieur sur la face dorsale du pied en regard du 3<sup>ème</sup> cunéiforme (80).

#### **4.2.1.4. Hémi transfert du tendon du muscle tibial antérieur**

Dans les cas où l'extenseur commun des orteils et les muscles fibulaires sont actifs entraînant une adduction et supination de l'avant-pied, un geste de transfert d'un hémi-tibial antérieur peut être indiqué.

Le tendon est désinséré dans sa moitié latérale et divisé en deux, assez haut, jusqu'à ce que sa moitié latérale soit assez longue pour être suturée sur le bord latéral du pied sur le cuboïde (81).

En l'absence de muscles valgisants actifs, on considère que les gestes sur le muscle tibial antérieur seront insuffisants. Il convient donc d'y associer une double arthrodèse associant arthrodèse du couple de torsion et arthrodèse talo-calcaneenne (59).

#### **4.2.1.5. La ténotomie des fléchisseurs des orteils et du fléchisseur de l'hallux**

Indiquée en cas de griffe des orteils.

La griffe des orteils ne doit être traitée qu'en cas de gêne importante associant des douleurs, une difficulté au chaussage, la présence de lésions cutanées ou une plus grande difficulté à la marche. En pratique, cette ténotomie est réalisée en percutanée par la majorité des auteurs (59).

#### **4.2.1.6. Chirurgie des muscles ischio-jambiers**

Les ischio-jambiers courts et spastiques sont responsables de la contracture en flexion de l'articulation du genou.

L'amélioration de l'amplitude totale des mouvements du genou était corrélée à l'amélioration de la cinématique de la cheville après une chirurgie impliquant des tendons autour du genou, le mouvement des articulations du genou et de la cheville est lié, les

chirurgiens doivent être conscients des changements potentiels dans l'articulation de la cheville après une chirurgie du genou (59).

Il existe deux types de procédures d'allongement myofascial des ischio-jambiers rapportés dans la littérature (82):

- Ténotomie distale complète des deux tendons (semi-tendineux et semi-membraneux), au cours de laquelle on ressent le claquement immédiat et la migration proximale du segment proximal avec une amélioration brutale de l'extension du genou.

- Allongement myofasciale à la jonction muscle-tendon, dérivé de la procédure d'allongement fractionnelle et censé être associé à une meilleure conservation de la fonction ischio – jambiers

Cette chirurgie est simple et rapide, peut se faire dans le même temps opératoire qu'une chirurgie de la hanche, du genou et du pied sans changement de position sur la table opératoire.

Chez l'enfant âgé entre 5 et 7 ans, l'allongement des ischio-jambiers répond aux indications suivantes :

- si l'angle poplité dépasse 60° et si la flexion du genou est supérieure à 40° au contact initial, mais avec un genou en extension complète à mi- appui, l'allongement doit concerner les demi-tendineux et demi-membraneux (19) .

- si l'angle poplité est inférieur à 60° et si la flexion du genou en phase initiale d'appui est inférieure à 40°, avec une extension complète à mi- appui, seul le demi tendineux est allongé (19).

Chez le grand enfant et l'adolescent, l'allongement des ischio-jambiers est indiqué si l'angle poplité dépasse 50°, ou si le genou est en flexion de plus de 25° au contact initial ou en mi- appui (19).

#### **4.2.1.7. Chirurgie du biceps fémoral**

L'allongement du biceps fémoral est rarement indiqué, ne se fait sauf si le flessum du genou est très important et l'allongement des ischio-jambiers est insuffisant.

#### **4.2.1.8. Raccourcissement du ligament patellaire et l'abaissement de la patella**

Le raccourcissement du ligament patellaire et l'abaissement de la patella améliorent l'extension du genou lors du mi- appui.

#### **4.2.1.9. Chirurgie du psoas**

Un flessum de hanche et une antéversion pelvienne supérieur à 20°, ou si l'amplitude d'extension de hanche est diminuée en phase d'appui initial cela nécessite un traitement par un allongement de l'ilio-psoas, cet allongement se fait soit au niveau des fibres musculaires au bord pelvien.

L'allongement intra musculaire du psoas n'a qu'un intérêt limité et ne devrait être indiqué qu'aux patients présentant un flessum clinique et cinématique de hanche > 10° pour lesquels il est certain d'obtenir une correction suffisante des articulations sous-jacentes après chirurgie multi site (83).

#### **4.2.1.10. Chirurgie des adducteurs**

L'allongement des adducteurs se fait dans le but de corriger l'adduction excessive de hanche gênant la fonctionnalité du membre.

Chez l'enfant marchant on réalise un allongement du gracile et du long adducteur afin de donner un volant d'adduction permettant d'élargir le polygone de sustentation et permettre un équilibre lors de la position debout et lors de la marche.

## **4.2.2. Chirurgie ostéo-articulaire**

La chirurgie ostéo articulaire rentre dans le cadre de la chirurgie « multi-site » et a pour objectif de corriger en un seul temps tous les défauts présents (hanches, genoux, chevilles, troubles rotatoires).

La déformation équino-varus chez les patients atteints de paralysie cérébrale s'est développée progressivement en raison d'un déséquilibre musculaire autour du pied.

Une spasticité prolongée des tendons gastro-soléaire, tibial antérieur et postérieur avec une faiblesse des muscles péroniers entraînerait progressivement des modifications de la forme de l'os et de l'articulation (84).

### **4.2.2.1. Ostéotomie de dérotation fémorale**

De nombreux auteurs ont rapporté que divers paramètres de marche s'améliorent ou changent après ostéotomie de dé rotation fémorale (FDO) à des degrés divers (85).

L'ostéotomie de dé rotation fémorale pourrait corriger la torsion fémorale chez les enfants paralysés cérébraux et améliorer directement l'angle de progression du pied et l'angle de rotation de la hanche dans le plan transversal.

Cette ostéotomie vise à réduire l'antéversion trop importante du col fémoral responsable d'une marche rotule en dedans.

Le but de la dé rotation chirurgicale est d'obtenir en postopératoire des amplitudes de rotation symétriques.

### **4.2.2.2. Ostéotomie fémorale basse de déflexion**

Parfois l'allongement des muscles ischio-jambiers s'avère insuffisant dans la correction d'un flessum du genou, donc par une voie latérale on a recourt à une ostéotomie de déflexion par soustraction antérieure dans la métaphyse distale du fémur au-dessus de la plaque conjugale. La fixation se fait par une vis-plaque.

#### 4.2.2.3. Ostéotomie de dérotation tibiale

Une torsion tibiale interne ou externe excessive est fréquemment présente chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. Plusieurs techniques chirurgicales ont été décrites pour corriger une torsion tibiale excessive.

L'ostéotomie de dérotation tibiale (TDO) a été acceptée comme une méthode sûre et efficace pour la correction des déformations rotatives du tibia, lorsque le traitement conservateur avec des contreventements, des modifications de chaussures ou des procédures de tissus mous est inefficace (86).

Le but est d'obtenir un bras de levier efficient dans le plan transverse pour favoriser le couple flexion plantaire-extension du genou (20).

La torsion tibiale normale pendant la croissance s'effectue latéralement de 0° à 30° et les anomalies qui s'y rapportent sont soit une insuffisance (le pied est en position médiale), soit une exagération (le pied est en position latérale exagérée) (12). Une ostéotomie de dérotation tibiale est nécessaire si cette rotation est supérieure à 30°.

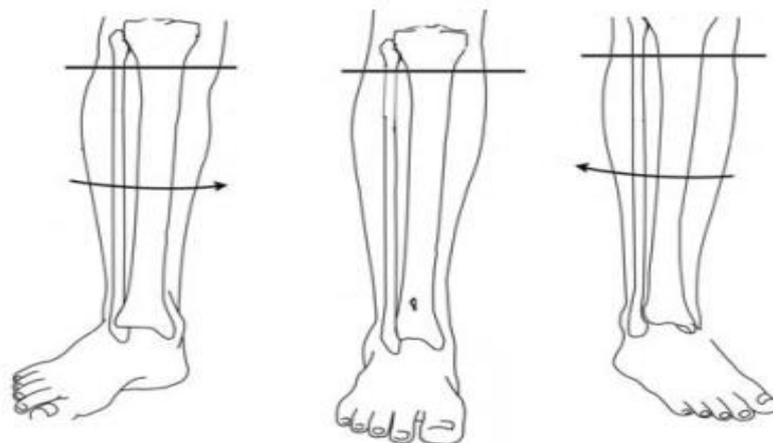


Figure 42 : Mise en rotation neutre du pied (87)

Les techniques à ciel ouvert sont plus invasives et peuvent entraîner un risque accru d'infection locale, une ostéotomie supra malléolaire percutanée avec plusieurs trous de forage et une ostéoclasie fermée a été utilisée pour corriger les déformations rotationnelles du tibia chez les patients atteints de paralysie cérébrale, c'est une ostéotomie simple et sûre (87).

#### **4.2.2.4. Ostéotomies du calcaneus de Dwyer**

L'ostéotomie calcanéenne de Dwyer permet la correction d'un varus ou d'un valgus calcanéen fixe irréductible.

L'ostéotomie de Dwyer est rarement réalisée seule et est fréquemment associée à d'autres interventions rentrant dans le cadre de la chirurgie multi site.

Le varus est corrigé par une ostéotomie calcanéenne de fermeture externe

L'ostéotomie de Dwyer constitue une méthode de choix pour la déformation spastique du pied plano-varus sans complications chez les patients GMFCS de grades 1 et 2.

#### **4.2.2.5. Allongement du bord latéral du pied ou ostéotomie d'Evans**

L'ostéotomie d'allongement du bord latéral du pied est indiquée devant un pied valgus avec abduction de l'avant-pied réductible (81).

Cette technique consiste à repositionner le talus sur le calcaneus en mettant l'arrière pied en varus par allongement du bord externe du calcaneus par un greffon et en corrigeant l'abduction de l'avant-pied.

#### **4.2.2.6. Intervention de Grice et du « cavalier »**

L'intervention de Grice est une fixation extra-articulaire qui a pour but de stabiliser l'arrière-pied par blocage de l'articulation sous talienne en mettant en place un greffon tibial ou fibulaire dans le sinus du tarse. Ce greffon est prélevé en sous périosté.

L'intervention du « cavalier » consiste à remettre en selle le talus sur le calcanéus et stabiliser l'arrière-pied puis fixer cette correction par une vis talo-calcanéenne.

En général ces deux techniques associées donnent de meilleurs résultats, la réduction du valgus est maintenue stable par la vis au moment de l'intégration du greffon.

#### **4.2.2.7. Chirurgie du premier rayon : hallux valgus**

L'intervention est pratiquée sous contrôle d'amplificateur de brillance, par trois mini-incisions : exostosectomie, ostéotomie du col du premier métatarsien, ténotomie de l'adducteur de l'hallux et ostéotomie de P1 (81). En cas de récurrence, on réalise une arthrodèse métatarso-phalangienne.

### **4.2.3. Traitement des déformations sévères du pied**

#### **4.2.3.1. Double arthrodèse d'après Maskill**

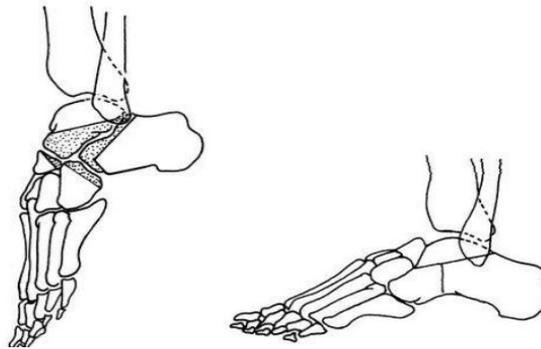
Une double arthrodèse est indiquée en cas de déformation sévère et fixée du pied où les gestes sur les parties molles sont devenus insuffisants, permettant la correction du pied équino-plano-valgus en un seul temps, sans aucun risque de récurrence et empêchant l'apparition des douleurs.

Une double arthrodèse : sous talienne pour corriger la déformation dans le plan frontal (varus/valgus), et une arthrodèse au niveau du Chopart avec une arthrodèse talo-naviculaire et calcanéocuboidienne pour corriger le pied dans le plan sagittal (équin).

Une fois les surfaces articulaires avivées, le pied est réduit en bonne position et correctement aligné par une fixation temporaire, puis fixé définitivement à l'aide de vis cannulées, agrafes, ou par mise en place d'un fixateur externe associé à une greffe morcelée (59).

#### **4.2.3.2. Arthrodèse de Lambrinudi**

La technique décrite par Lambrinudi consiste en une arthrodèse entre le médio-pied et l'arrière-pied par ostéotomie triangulaire à base antérieure de soustraction au niveau de l'articulation talo-calcanéenne emportant la face supérieure du calcanéum et une large partie triangulaire sur le talus. L'ostéotomie est fixée à l'aide d'agrafes. Il en résulte une arthrodèse permettant une bonne correction de la déformation, même dans les déformations majeures en varus équin (59).



*Figure 43: Arthrodèse de Lambrinudi : Ostéotomie triangulaire à base antérieure (59)*

#### **4.2.4. La chirurgie multi site**

La chirurgie multi site en un seul temps opératoire impose une bonne connaissance de la marche normale et une excellente analyse de l'AQM afin de traiter correctement les multiples déformations orthopédiques chez le paralysé cérébral capables d'affecter la marche.

La chirurgie multi site en un seul temps se fait en décubitus dorsal, sous anesthésie général, il faut faire un examen sous anesthésie générale afin de faire la part des choses entre spasticité et rétractions musculo-tendineuses. Il faut installer le malade de manière à ce qu'il soit mobiliser le minimum possible au cours de l'intervention, l'asepsie est réalisée jusqu'à l'ombilic, les membres inférieurs sont mis de façon symétrique, des garrots pneumatiques sont mis à la racine des cuisses.

Les interventions doivent se faire d'amont en aval, commencer toujours par le bassin et terminer par les pieds.

Pour les gestes osseux, le matériel d'ostéosynthèse doit être bien stable

Pour les gestes sur les parties molles, il est préférable de réaliser des aponévrotomies que des allongements tendineux.

L'immobilisation post opératoire doit être effectuée à la fin de l'intervention, sous anesthésie générale, ce geste doit être contrôlé minutieusement.

#### 4.2.5. Neurotomies périphériques

La neurotomie permet de traiter l'hyperactivité musculaire par un geste nerveux seulement. La présence de rétractions musculaires, tendineuses et/ou d'instabilité ligamentaire de cheville doit faire envisager des gestes orthopédiques supplémentaires à la neurochirurgie et doit faire partie d'un programme de chirurgie à plusieurs niveaux en un seul temps (chirurgie multi sites).

Cette technique permet une paralysie temporaire du muscle concerné par cette hypertonie et laissant le temps à la kinésithérapie de donner une certaine longueur à ce muscle, le principe de cette technique est une section partielle des fibres myélinisées IA, afférentes à la moelle et notamment les grosses fibres entraînant l'interruption du reflexe myotatique et de là, la disparition de la spasticité excessive.

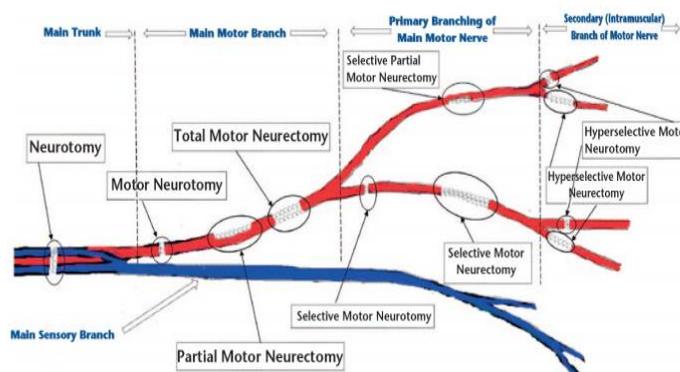


Figure 44: Les différents types de neurectomies (88)

L'indication de la neurotomie nécessite de bien faire la différence entre la contraction musculaire intense et rebelle et une rétraction musculaire pour ces raisons, la lutte contre la spasticité constitue un des objectifs du traitement.

La neurotomie est indiquée lorsque la spasticité est localisée à un muscle ou un groupe de muscles innervés par un même nerf périphérique ou un tronc nerveux facilement accessible.

Le pied équin dynamique sans raccourcissement du triceps, rebel au traitement médical et médicamenteux est l'indication de choix pour la chirurgie des nerfs périphériques.

**Principe :** Les neurotomies périphériques sélectives consistent en une dénervation segmentaire par section partielle des collatérales motrices des groupes musculaires trop spastiques. Ces neurotomies nécessitent la disponibilité d'un microscope opératoire afin d'individualiser les fascicules qui constituent le nerf, la fonction des fascicules constituant du nerf (sensitifs qui sont à respecter et moteurs responsables d'hyper spasticité à sectionner) est identifiée par une stimulation électrique bipolaire.

La neurotomie ne peut remplacer les traitements orthopédiques destinés aux rétractions tendineuses ; elle ne constitue qu'une partie de la prise en charge d'un patient, qui doit inclure la kinésithérapie pour assurer le renforcement musculaire et la rééducation de la marche.

Les neurotomies sélectives permettent d'obtenir un équilibre tonique entre muscle antagonistes et agonistes.

Les risques des neurotomies sont essentiellement de deux ordres :

- Un geste excessif pouvant causer un affaiblissement trop marqué du muscle
- Douleurs et troubles sensitifs en cas de lésion accidentelles de fascicules sensitifs. Les neurotomies sélectives les plus couramment utilisées :

○ **La neurotomie tibiale périphérique**

- Sous anesthésie générale, sans curarisation ou curare à action courte afin de ne pas inhiber les réponses motrices à la stimulation, la péridurale ou les anesthésies locorégionales des membres inférieurs par bloc sont exclues.
- En décubitus ventral, genou légèrement fléchi pour détendre les gastrocnémiens.
- L'incision cutanée est en baïonnette à environ 3 cm au-dessus du creux poplité et à 4 cm en dessous, une incision horizontale peut être également réalisée, cette dernière est plus esthétique (89), l'incision horizontale ne permet pas d'atteindre les fascicules des fléchisseurs des orteils si leur neurotomie s'avère nécessaire...
- Cet abord permet après désinsertion musculo-aponévrotique au doigt d'atteindre le nerf tibial ainsi que les collatérales motrices des trois chefs du triceps, peut aussi atteindre les collatérales motrices des muscles tibial postérieur, fléchisseur propre de l'hallux et fléchisseur commun des orteils en cas de griffe d'orteils associée.
- Si l'équin du pied disparaît par la mise en flexion du genou, cela signifie que ce sont les gastrocnémiens qui sont impliqués dans le phénomène spastique
- Les différentes collatérales motrices sont identifiées par stimulation électrique fascicule par fascicule de chacune des branches.
- les fascicules dont la stimulation entraîne des réponses toniques, recherchées en flexion plantaire ou en inversion du pied, sont considérés comme responsables du varus et de l'équin ; ils sont alors interrompus par section microchirurgicale sur 2 à 3 mm pour éviter la régénération axonale (89), ont procédé à une résection de 3/4 de l'ensemble des fascicules impliqués dans la spasticité.
- Il faut faire attention au nerf saphène externe qui est un nerf sensitif prenant naissance à partir des jumeaux et cheminant dans le plan musculo aponévrotique et sous cutané. S'il y a atteinte de ce nerf ceci entraîne des dysesthésies plantaires gênantes pouvant retarder la rééducation post-opératoire.

- **La neurotomie sélective du nerf fémoral** : indiquée en cas d'hyperactivité du rectus fémoral entraînant un défaut de flexion du genou e phase oscillante de la marche.
- **La neurotomie sélective du nerf obturateur** : indiquée dans la spasticité des adducteurs de cuisse responsable d'adductum des genoux. Elle peut être réalisée en même temps qu'une ténotomie des adducteurs en cas de rétraction. La neurotomie sélective du nerf obturateur est indiquée dans la démarche en ciseaux et chez les paraplégiques.
- **La neurotomie sélective des branches du nerf sciatique** : destinées aux muscles ischio-jambiers peut être utile en cas de spasticité invalidante en flexion du genou.

### **4.3. Evaluation et gestion de la douleur postopératoire**

La nécessité d'une évaluation objective de la douleur ne fait alors aucun doute. Elle est seule garante de l'adaptation du traitement à la nature et à l'intensité de la douleur.

Bénéficier d'une prise en charge de la douleur est aujourd'hui considéré comme un droit fondamental. Avant d'être traitée, la douleur doit être évaluée (90).

La littérature montre que l'auto-évaluation de la douleur est possible avec les outils disponibles chez le paralysé cérébral, en cas de déficience légère à moyenne si les capacités de régulation émotionnelles ne sont pas submergées par le stress (90).

Plusieurs méthodes sont utilisées pour évaluer la douleur :

Échelles d'hétéroévaluation	Type de douleur	Âges
NFCS simplifiée: Neonatal Facial Coding System	Douleur aiguë	0 - 18 mois
DAN : douleur aiguë du nouveau-né	Douleur aiguë	Prématuré - 3 mois
EDIN : échelle de douleur et d'inconfort du nouveau-né	Douleur et inconfort permanent	0 - 3 mois
Amiel Tison inversée	Douleur postopératoire	1 - 7 mois
CHEOPS : Children's Hospital Of Eastern Ontario Pain Scale	Douleur postopératoire, salle de réveil	1 - 6 ans
FLACC : Face, Legs, Activity, Cry, Consolability	Douleur postopératoire ou liée aux soins	4 - 18 ans
EVENDOL : évaluation enfant douleur (aux urgences)	Douleur aiguë aux urgences	0 - 6 ans
OPS : Objective Pain Scale	Douleur postopératoire	6 mois - 13 ans
PPPM : Parents' Post-operative Pain Measure (au domicile)	Douleur postopératoire	2 - 12 ans
DEGR : échelle douleur Gustave Roussy	Douleur prolongée chez l'enfant atteint de cancer	2 - 6 ans
HEDEN : hétéroévaluation douleur enfant	Douleur prolongée chez l'enfant atteint de cancer	2 - 6 ans
<b>Échelles d'hétéroévaluation pour enfants handicapés</b>		
Douleur enfant San Salvadour (DESS)	Douleur chez l'enfant polyhandicapé	
GED-DI (en cours de validation) : Grille d'Évaluation de la Douleur-Déficience Intellectuelle	Douleur postopératoire et douleur de base chez l'enfant polyhandicapé (2 versions)	
<b>Échelles d'autoévaluation</b>		
Échelle des visages (FPS-R : Faces Pain Scale Revised)	Douleurs aiguë et chronique	À partir de 4 ans
EVA : échelle visuelle analogique	Douleurs aiguë et chronique	À partir de 6 ans
EN : échelle numérique	Douleurs aiguë et chronique	À partir de 6 ans

Figure 45: évaluation de la douleur chez l'enfant (91)

Après la prescription du traitement antalgique, la douleur postopératoire doit être réévaluée régulièrement afin de connaître l'efficacité du traitement.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a établi, en 1986, 3 paliers d'antalgiques selon leur puissance et selon l'intensité de la douleur, le palier I (paracétamol, néfopam et anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS)) pour les douleurs légères, le palier II (codéine et tramadol), pour les douleurs modérées et le palier III (morphine et dérivés) pour les douleurs sévères (92).

- La douleur spontanée est généralement absente : si elle existe il faut vérifier les points d'appui, surtout si les contentions sont circulaires (bottes, résines).
- À la mobilisation, la douleur est d'apparition rapide en postopératoire immédiat, nécessitant un ajustement régulier des doses et des heures de prise d'antalgiques au moyen d'une évaluation par EVA et de l'interrogatoire du patient. On utilise volontiers des associations d'antalgiques de classe I et II, le recours à la classe III étant exceptionnelle car on préfère alors ralentir le programme de mobilisations (12).

# **PARTIE PRATIQUE**

## ***Matériel et méthodes***

## **5. Matériel et méthodes**

### **5.1. Type de l'étude**

Il s'agit d'une étude de cohorte longitudinale pronostique multicentrique allant du 1<sup>er</sup> janvier 2018 au 1<sup>er</sup> février 2020 évaluant les résultats de la correction chirurgicale du pied équin chez l'enfant paralysé cérébral, au service d'orthopédie pédiatrique de l'EHS pédiatrique Canastel et le service de chirurgie pédiatrique de l'EHS mère-enfants de Tlemcen.

### **5.2. Objectifs**

#### **5.2.1. Objectif principal**

Evaluer les résultats du traitement chirurgical du pied équin chez le paralysé cérébral

#### **5.2.2. Objectifs secondaires**

- Prévenir, évaluer et prendre en charge la douleur postopératoire
- Améliorer le pronostic fonctionnel du patient en améliorant le score fonctionnel GMF-CS à 3 mois et à 6 mois par rapport au GMF-CS initial.

#### **5.2.3. Buts**

- Obtenir un pied plantigrade fonctionnel, indolore.
- Corriger les atteintes associées du membre inférieur influençant et n'influçant pas le pied équin
- Etablir un algorithme de prise en charge du pied équin chez le paralysé cérébral.
- Intégrer la chirurgie du pied équin chez le paralysé cérébral dans la chirurgie multi site.

### **5.3. Population**

Entre le 1<sup>er</sup> janvier 2018 et le 1<sup>er</sup> février 2020, nous avons traité dans deux services (le service d'orthopédie pédiatrique de l'EHS pédiatrique Canastel et le service de chirurgie pédiatrique de l'EHS mère-enfants de Tlemcen) 53 enfants porteurs de pied équin paralytique. Parmi ces 53 patients, 34 enfants (avec un nombre de 60 pieds équin neurologiques) ont été retenus pour réaliser une étude prospective longitudinale afin d'évaluer cet équinisme du pied par rétraction musculo-tendineuse chez les enfants marchants ou ayant un potentiel de marche. Ces enfants étaient âgés au moment de la prise en charge thérapeutique de 6 à 15 ans (moyenne 8,76 ans).

Le recrutement de nos malades s'est fait à partir d'orientations provenant du service de médecine physique et réadaptation du CHU de Tlemcen, et services de chirurgie pédiatrique de l'EHS Tlemcen mère et enfants et EHS Canastel d'Oran, de médecine physique et réadaptation EHS Canastel Oran pour consultation ou par le biais d'une orientation de la part de nos collègues neurologues et pédiatres ainsi que des différents EPH de l'ouest Algérien.

6 patients ont été perdus de vue après avoir été orientés par le service de médecine physique et de réadaptation pour une prise en charge chirurgicale.

Les résultats de cette étude concernant que les enfants examinés à six mois et plus, après l'ablation du plâtre.

Ces 34 enfants présentaient 60 pieds équins neurologiques, pris en charge au niveau du service d'orthopédie pédiatrique de l'EHS Canastel à Oran et à l'EHS mère et enfant de Tlemcen.

#### **5.3.1. Critères d'inclusion**

- Enfants infirmes moteurs cérébraux marchants.
- Présence d'un pied équin spastique.
- Age supérieur à 6 ans.
- Sans ou avec troubles orthopédiques mineurs.

#### **5.3.2. Critères de non inclusion**

Nous avons exclu de notre étude tout enfant avec :

- Pied équin secondaire à une myopathie ou à une neuropathie périphérique.
- Age inférieur à 6 ans.
- Age supérieur à 15 ans.
- Tout patient dont le recul après la fin du traitement était moins de 6 mois : 12 patients soit 19 pieds équins (5 bilatéraux et 9 unilatéraux) ont été pris en charge après début février 2021 et donc nous n'avons pas suffisamment de recul pour évaluer les différents paramètres.

## **5.4. Ethique**

Un consentement éclairé autorisant au médecin traitant la prise de photos et de vidéo avant et après traitement a été signé par les parents de tous les patients inclus dans l'étude.

Pour des soucis éthiques de confidentialité, tous les visages ont été masqués.

## **5.5. Méthodes et moyens**

### **5.5.1. Déroulement de l'étude**

L'étude a été menée par deux équipes, dans deux lieux différents: service d'orthopédie pédiatrique de l'EHS Canastel à Oran et le service de chirurgie infantile de l'EHS mère-enfants de Tlemcen, par deux équipes différentes, chaque équipe est constituée d'un chirurgien pédiatre, d'un médecin rééducateur, de médecins résidents des deux spécialités (chirurgie infantile et MPR) et d'un kinésithérapeute.

La participation de ces enfants à cette étude était volontaire après avoir obtenu un consentement verbal du père ou à défaut de la mère. L'examen de l'enfant était réalisé par le chirurgien pédiatre en présence de l'un des deux parents. Cet examen commençait par un interrogatoire afin de préciser les antécédents du patient, ensuite un examen orthopédique complet.

Un questionnaire (en annexe) était rempli par le médecin résident présent.

### **5.5.2. Consultation pluri-disciplinaire**

**Au niveau de l'EHS Canastel d'Oran**, les patients sont adressés par la consultation d'orthopédie pédiatrique en consultation pluridisciplinaire. Cette consultation pluridisciplinaire se réunit 2 fois par mois afin de discuter des indications thérapeutiques pour les enfants paralysés cérébraux, elle est constituée d'un chirurgien d'orthopédie pédiatrique, du médecin spécialiste en médecine physique et réadaptation, un kinésithérapeute et en présence des parents de l'enfant. Un compte rendu écrit est réalisé pour chaque dossier.

**Au niveau de l'EHS mère et enfants de Tlemcen**, les enfants sont adressés à la consultation de MPR, et l'indication chirurgicale est prise après concertation entre le chirurgien pédiatre et le médecin spécialiste en médecine physique et réadaptation.

Le médecin résident en chirurgie pédiatrique et le kinésithérapeute sont présents lors de la consultation de chirurgie pédiatrique.

Ainsi sont posées les indications opératoires, les objectifs de la prise en charge et les traitements associés.

### **5.5.3. Diagnostic**

#### **5.5.3.1. Clinique**

Repose sur un bilan articulaire des membres inférieurs d'un enfant atteint d'une paralysie cérébrale selon le processus Delphi (93):

Les segments examinés sont le bassin, la hanche, le genou, la cheville et le pied.

L'enfant est mis sur une table d'examen confortable et ferme, le bilan articulaire a été fait selon un ordre logique afin de mobiliser au minimum l'enfant.

On a effectué 14 mesures en décubitus dorsal suivies par un retournement unique du patient pour faire les mesures en décubitus ventral. Les mesures articulaires ont été faites à vitesse lente afin d'éviter le déclenchement de la spasticité et mesurer réellement les rétractions. Les mesures ont été faites en étirement maximal.

Nous avons utilisé un goniomètre pour faire ces mesures articulaires.

Le bilan articulaire définitif établi à la fin du processus de Delphi est présenté sur une fiche de recueil unique et comporte 24 mesures à droite et à gauche (93).

Amplitudes articulaires passives de la cheville :

#### **Evaluation de la spasticité**

Nous avons utilisé l'échelle de Tardieu qui permet de noter l'hyper activité musculaire afin d'évaluer la sévérité de la spasticité en pré opératoire, et la mesure de l'angle de déclenchement du clonus (tableau 5).

*Tableau 5: Echelle de TARDIEU (18)*

<b>0</b>	Pas de résistance tout au long du mouvement passif
<b>1</b>	Discrète augmentation de la résistance au cours du mouvement passif sans que l'on puisse ressentir clairement un ressaut à un angle précis.
<b>2</b>	Ressaut franc interrompant le mouvement passif à un angle précis, suivi d'un relâchement
<b>3</b>	Clonus épuisable (<10sec lorsque l'on maintient l'étirement) survenant à un angle précis
<b>4</b>	Clonus inépuisable (10sec lorsque l'on maintient l'étirement) survenant à un angle précis

De cette évaluation a découlé notre indication :

- Si la spasticité était absente ou inférieure à 2 selon l'échelle de Tardieu, l'indication opératoire a été le traitement chirurgical des rétractions par allongements musculo-tendineux des muscles du mollet ;
- Mais si cette spasticité a été évaluée à 3 et plus selon la même échelle, l'enfant fût réadressé pour une seconde cure d'injections de toxine botulique, à la fin de la cure, nous avons réévaluer la spasticité selon l'échelle de Tardieu ; soit cette spasticité a diminué ou a disparu, nous avons évalué alors les rétractions musculo-tendineuses des muscles du mollet ; soit cette spasticité a persisté, l'indication d'une neurotomie tibiale postérieure fût posée.

**Evaluation des rétractions :**

1- Nous avons effectué **une évaluation des amplitudes articulaires de la cheville et du pied**, mesurant l'amplitude de la flexion dorsale du pied ce qui nous a permis d'évaluer initialement la sévérité de la rétraction des fléchisseurs plantaires de la cheville (triceps sural, tibial postérieur, fléchisseur du gros orteil et fléchisseur des orteils) pour pouvoir poser l'indication opératoire selon les règles de chirurgie du pied équin du paralysé cérébral ; puis secondairement une évaluation post opératoire immédiate et à moyen terme (en per opératoire, à 3 mois et à 6 mois).

les angles tibio-tarsiens ont été mesurés à l'aide d'un goniomètre : en décubitus dorsal genou en extension, le bras fixe du goniomètre placé en parallèle à l'axe longitudinal du péroné et le bras mobile parallèle à l'axe longitudinal du cinquième métatarsien, l'arrière-pied Pied maintenu en position neutre pour éviter le valgus ou le varus calcanéen, le pied porté en flexion dorsale jusqu'à la limite du mouvement.

Nous avons réalisé une flexion dorsale à vitesse lente de la cheville, genou en extension pour évaluer la rétraction des muscles gastrocnémiens. La branche fixe du goniomètre située sur l'axe de la jambe et la branche mobile mise sur l'axe de l'arrière-pied parallèle à la face plantaire du talon. L'angle ainsi obtenu doit être de 15° (14).

Ces amplitudes ont été mesurées en pré et en post opératoire ( en per opératoire, à 3 mois et à 6 mois) afin de juger de l'allongement musculo-tendineux des muscles du mollet. Toutes ces mesures ont été mentionnées sur le dossier médical du patient.

**Le test de Silfverskiold** (18) permet d'apprécier la réductibilité avec mesure de l'angle de dorsiflexion du pied. Ces mesures ont été réalisées en deux étapes : genou tendu et genou fléchi, ce qui nous a permis d'apprécier la participation des gastrocnémiens et du soléaire, indépendamment.

En cas de dorsiflexion est restée inchangée entre la position fléchie ou tendue du genou, seul le soléaire est impliqué dans le phénomène équin et on dit que le test de Silfverskiold est négatif. En revanche, si la dorsiflexion se trouve plus diminuée genou tendu, nous pouvons conclure à une participation des gastrocnémiens dans le phénomène spastique équin, et le test de Silfverskiold est positif.



*Figure 46: amplitudes articulaires passives des autres articulations du membre inférieur (iconographie personnelle)*

On a évalué les amplitudes articulaires passives des articulations du genou et de la hanche en préopératoire et en post opératoire ( en peropératoire puis à 3 mois et à 6 mois).

**2- Au niveau du pied :**

L'examen clinique du pied cavo-varus ou plano-valgus s'est fait sur podoscope afin d'avoir une empreinte plantaire (podogramme), et nous a permis d'apprécier la sévérité de la déformation.

On a apprécié aussi la souplesse de la déformation.

L'indication opératoire pour le pied planovalgus n'a été posée que pour les pieds plats avec des déformations sévères sur podoscope, entraînant une intolérance aux orthèses ce qui risque d'entraîner une perte de la capacité et l'intérêt de se mettre debout et de marcher (94).

**3- Au niveau de la hanche,** on a évalué le flessum de la hanche, l'enfant mis en décubitus ventral, membre inférieur tendu, nous avons réalisé une flexion lente du genou et nous avons mesuré la surélévation du bassin par rapport au plan de la table, ce qui correspond à l'Ely test.



*Figure 47: Ely test positif (iconographie personnelle)*

On parle d'Ely test positif ou négatif (95).

L'Ely test est positif en cas de rétraction ou d'hyperactivité du rectus femoris.

Ce test a été réalisé pour les deux hanches, en préopératoire, en per opératoire et en post opératoire (3mois et 6 mois).

Le flessum de la hanche associé à une antéversion pelvienne signifie une rétraction du muscle psoas, cette rétraction est confirmée par l'examen clinique en décubitus ventral en bout de table, genou en extension, la réalisation d'une extension de la hanche est impossible.

Si le flessum de hanches est supérieur à 20° l'indication d'une ténotomie du psoas est posée pour permettre une extension de hanche sans majoration de la bascule antérieure du bassin (20).

L'évaluation de cette inclinaison pelvienne a été appréciée en préopératoire cliniquement et radiologiquement, puis à 3 mois et 6 mois en post opératoire.

L'évaluation de l'adduction de la hanche : nous avons mesuré le volet d'abduction de la hanche : l'enfant mis en décubitus dorsal, en bout de table, cette abduction s'est mesurée : hanche fléchie/genou fléchi (adductor longus), hanche tendue/genou fléchi (adductor magnus), hanche tendue/genou tendu (gracilis).

Nous avons mesuré l'abduction à l'aide d'un goniomètre, l'enfant est placé en décubitus dorsal, l'axe articulaire du goniomètre placé au milieu du pli inguinal, la branche fixe droite relie les milieux des deux plis inguinaux et la branche mobile placée le long du femur en direction du milieu de la patella. Nous avons effectué une abduction de la hanche en maintenant la rotule au zenith.

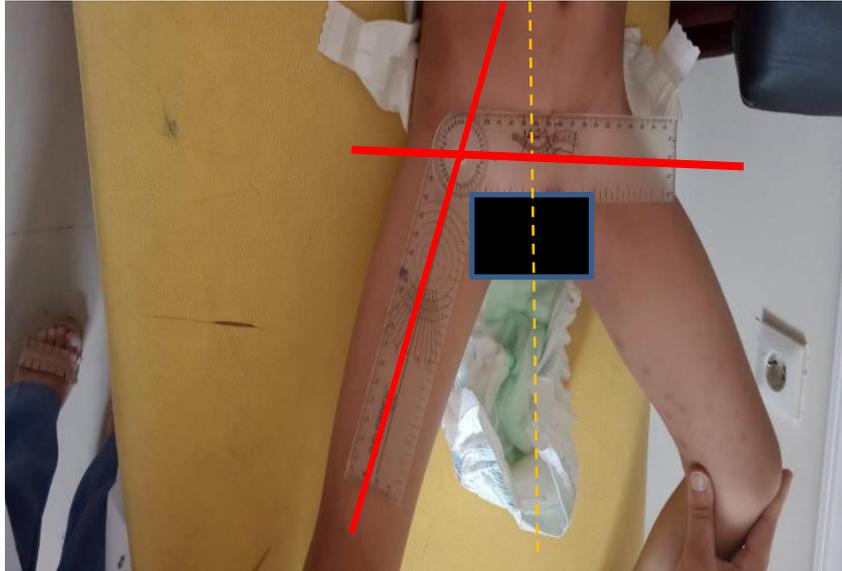


Figure 48: limitation de l'abduction de la hanche droite (iconographie personnelle)

On a considéré qu'il y a une rétraction des adducteurs lorsque l'angle d'abduction avec hanche étendue, genou étendu était inférieur à  $20^{\circ}$ .

La libération des tissus mous de la hanche doit être réalisée le plus tôt possible, quels que soient l'âge, les conditions de marche, le type clinique, l'index de Reimers, l'index acétabulaire ou le sexe, et dès que le patient présente cliniquement une abduction inférieure à  $30^{\circ}$  (96).

L'évaluation de la rétraction des adducteurs de la hanche s'est faite en préopératoire, puis en peropératoire, à 3 mois et à 6 mois en postopératoire.

La rotation fémorale : L'antéversion fémorale a été calculée par la méthode de Netter, enfant en décubitus ventral, hanche en extension, genou à  $90^{\circ}$ , nous avons identifié le grand trochanter, on réalise une rotation interne jusqu'à saillie maximale du grand trochanter, l'antéversion a été calculée par l'angle formé par l'axe de la jambe et la verticale à l'aide d'un goniomètre : axe articulaire en regard du genou, dans l'axe du fémur et la branche fixe à la verticale et la branche mobile suivant l'axe du tibia.



*Figure 49: Méthode de Netter (iconographie personnelle)*

Dans notre étude, L'ostéotomie de dérotation fémorale a été indiquée chez l'enfant de plus de 10 ans avec une antéversion fémorale de 15° mesurée à l'aide d'un test d'angle de proéminence trochantérienne modifié en peropératoire (97).

L'évaluation s'est faite à 3mois et à 6 mois en post opératoire, puis chaque 6 mois jusqu'à la fin de la croissance.

**4- Au niveau du genou,** nous avons mesuré les amplitudes articulaires passives grâce au goniomètre, l'enfant mis en décubitus ventral, l'axe articulaire du goniomètre mis en regard de l'interligne articulaire du genou, la branche fixe appliquée sur la face latérale du segment fémoral, vise le milieu du grand trochanter et la branche mobile appliquée sur le segment jambier, vise le milieu de la malléole latérale. On a mesuré la flexion et l'extension passives du genou. La flexion normale du genou est à 130° et l'extension à 0°.

Au niveau du genou nous avons mesuré également l'angle poplité uni et bilatéral.

Nous avons mesuré l'angle poplité : enfant mis en décubitus dorsal hanche fléchie à 90°, nous avons mesuré l'angle poplité avec hanche controlatérale en position neutre puis fléchie à 90°.

La mesure de l'angle poplité s'est faite à l'aide d'un goniomètre la branche fixe appliquée sur la face latérale du segment fémoral, vise le milieu du grand trochanter et la branche mobile appliquée sur le segment jambier, vise le milieu de la malléole latérale.

Nous avons utilisé lors de la mesure de l'angle poplité la méthode anglosaxonne où l'angle poplité correspond à l'angle complémentaire formé par le prolongement de l'axe du fémur et l'axe du tibia lorsqu'on réalise une extension passive du genou, c'est-à-dire c'est l'angle qui manque pour avoir l'extension complète du genou.

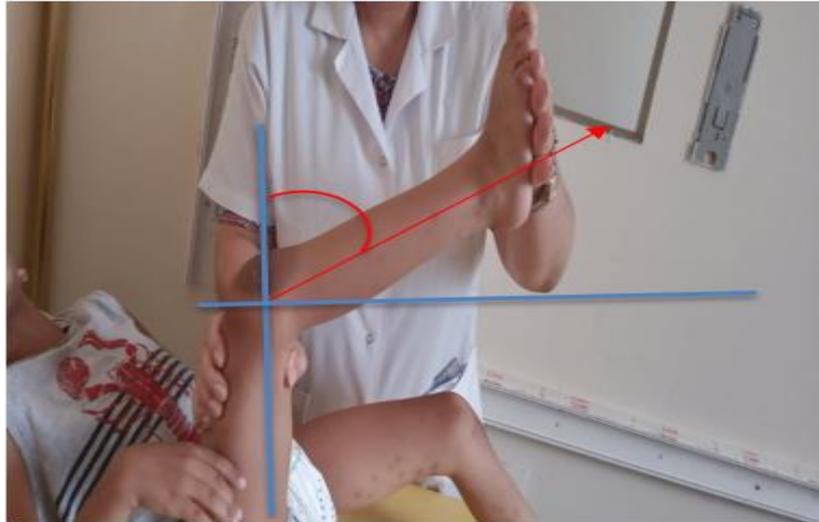


Figure 50: Mesure de l'angle poplité par la méthode anglosaxonne (iconographie personnelle)

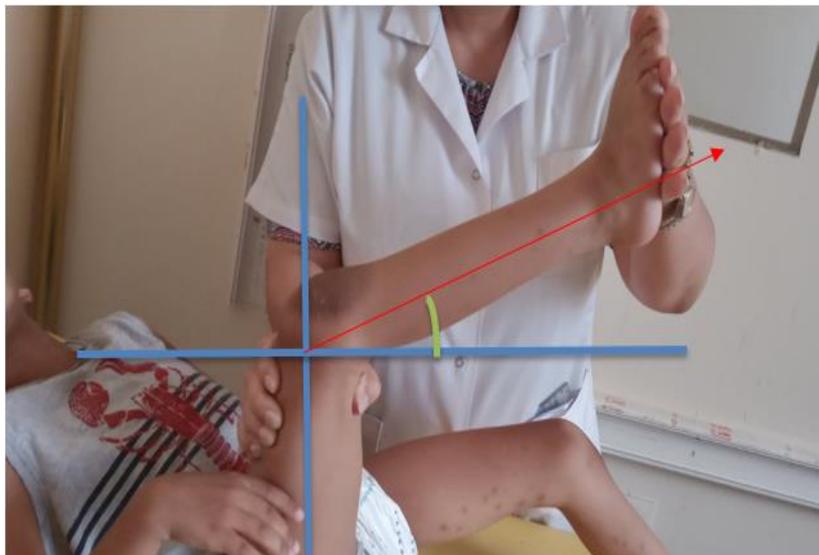


Figure 51: Mesure de l'angle poplité par la méthode française (iconographie personnelle)

Dans notre étude nous avons utilisé la mesure de l'angle poplité par la méthode anglosaxonne.

**L'angle poplité unilatéral:** membre controlatéral étendu, la hanche et le genou du membre à examiner sont fléchis à  $90^\circ$ , on essaye de ramener le genou à la verticale sans décoller la fesse du plan de la table d'examen. La valeur normale est de  $+45^\circ$ , si l'axe de la jambe ne passe pas en dessus de l'axe horizontal, les valeurs sont données en négatif.

**L'angle poplité bilatéral :** hanche et genou du membre controlatéral sont à  $90^\circ$ , cuisse et genou du membre examiné aussi à  $90^\circ$ , on ramène le segment jambier à la verticale, l'angle poplité bilatéral doit être de  $70^\circ$ . Lors de l'extension du genou, on peut palper dans

le creux poplité la tension du biceps en dehors et le semi tendineux en dedans, on peut aussi palper le gracile en dedans du semi tendineux si on écarte les cuisses.

Dans notre étude nous avons considéré comme rétraction sévère des muscles ischio-jambiers si l'angle poplité est supérieur à 50°, une rétraction modérée si cet angle est compris entre 30° et 50°, et des ischio-jambiers normaux si l'angle poplité est inférieur à 30°

La mesure de l'angle poplité a été faite en pré et en post opératoire (peropératoire, à 3 mois et à 6 mois).

**5- Au niveau de la jambe :** Nous avons évalué chez nos patients **la torsion du squelette jambier** par l'angle cuisse-pied, les mesures ont été faites par un goniomètre ; l'enfant mis en décubitus ventral, genou à 90°, l'axe articulaire du goniomètre placé au niveau du talon une branche est placée sur l'axe du pied passant par la 2<sup>ème</sup> commissure et l'autre branche suit l'axe du femur.

S'il existe une exo-rotation du squelette jambier, les valeurs sont exprimées en positif, par contre s'il existe une endo-rotation les valeurs sont exprimées en négatif.

A la fin de la croissance, la torsion tibiale physiologique est stabilisée à une moyenne de 20° avec des extrêmes allant de 0° à 45° selon l'âge (98) .

Pour nos patients, nous avons considéré une torsion tibiale interne tout angle inférieur à 20° et une torsion tibiale externe tout angle supérieur à 20° (99).

Ces amplitudes ont été inscrites sur le dossier médical de l'enfant en préopératoire et en postopératoire ( à 3 mois et à 6 mois).

#### **5.5.3.2. Radiologique**

Au niveau du pied: l'évaluation du **cavo varus** s'est faite sur une radiographie du pied de profil interne et sur une radiographie dorso plantaire de face du pied en charge par : la mesure de l'angle de Meary ( angle entre talus et 1<sup>er</sup> métatarsien ) qui est de 0° à l'état normal. Si cet angle est supérieur à 0° le pied est en cavus.

Pour le pied cavovarus, l'indication opératoire a été posée que si l'angle de Meary est  $\geq 15^\circ$  (100).

Le **planovalgus** a été évalué sur une radiographie du pied de profil interne et sur une radiographie dorso plantaire de face du pied en charge par la mesure de l'angle astragalo-calcanéen (normale entre 20° et 25°), l'angle talus – 1<sup>er</sup> métatarsien (normale entre 0 et 5°), et calcaneus – 5<sup>ème</sup> métatarsien (normale 0°). Sur l'incidence de profil: divergence astragalo-calcanéenne (normale entre 35° et 40°), l'angle talus-1<sup>er</sup> métatarsien ou angle de Méary (normale entre 0 et 10°).

Au niveau du genou: Nous avons évalué **la position de la rotule** chez nos patients par la mesure de l'indice de Caton-Deschamps sur une radiographie du genou de profil strict .

Indice de Caton est la distance de la surface articulaire de la patella au plateau tibial rapporté à la hauteur de cette surface = (a/b) (20).

Une rotule en place correspond à un indice de Caton-Deschamps compris entre 0,8 et 1,2 ; une patella alta ou ascension de la rotule correspond à un indice supérieur à 1,2.

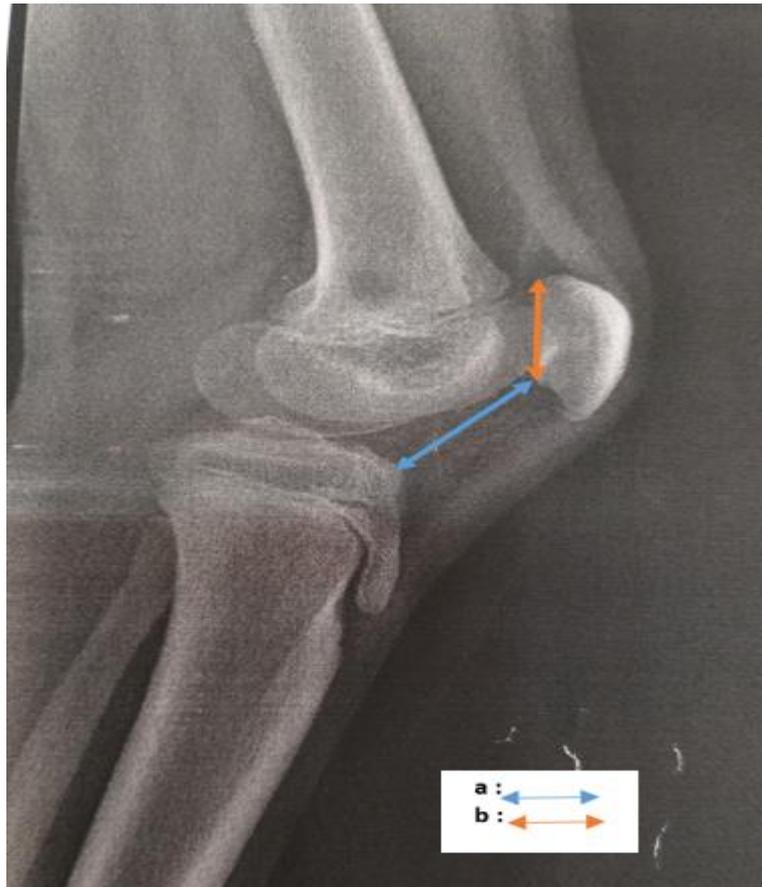


Figure 52: indice de Caton (iconographie personnelle)

L'indication d'un abaissement de la rotule a été toujours associé à une ténotomie du droit femoral, cet abaissement a été indiqué que si l'indice de Caton est  $\geq 1,2$ .

Au niveau pelvien : **L'inclinaison pelvienne** peut être mesurée sur les images tomodensitométriques.

Si le flessum de hanches est supérieur à  $20^\circ$  l'indication d'une ténotomie du psoas est posée pour permettre une extension de hanche sans majoration de la bascule antérieure du bassin (20).

### **5.5.3.3. Neuromécanique**

Analyse d'une vidéo de la station debout et de la marche :

N'ayant pas un laboratoire d'AQM, nous avons réalisé des vidéos de face et de profil, ces dernières étant facilement réalisables et reproductibles, ceci nous a permis d'analyser plusieurs paramètres :

- Comparer la marche en pré opératoire de nos patients par rapport à une marche normale en mettant en évidence les anomalies et leurs localisations.
- comparer la marche de chaque patient en pré et en post opératoire pour évaluer le gain
- comparer la marche en post opératoire de nos patients par rapport à une marche normale.
- évaluer l'efficacité des traitements en comparant les différents films.

Des éléments bien précis sont analysés sur une vidéo de marche : Ces films sont réalisés dans les mêmes conditions pour tous les enfants.

L'enfant marche dans un long couloir, d'une dizaine de mètres, il fait des aller-retours avec ou sans aide selon son degré d'autonomie, la caméra est posée au sol, l'image prend le rachis, le bassin, les genoux et elle est surtout centrée sur les pieds.

On réalise au moins un enregistrement de face, un de profil droit, un de profil gauche et un de dos.

Ces films permettent de réaliser une analyse fine de la marche grâce à des ralentis et la comparaison avec une marche normale qui répond à des prérequis décrits par GAGE est qui sont intimement liés (14) :

- La stabilité à l'appui.
- La clairance du pas à la phase oscillante.
- Le pré-positionnement du pied à la fin de la phase oscillante : appui sur le talon
- Une longueur de pas adéquate.
- Une conservation de l'énergie.

Ces films permettent de suivre l'évolution de la marche avant et après chirurgie.

## ***TRAITEMENT***

#### **5.5.4. TRAITEMENT**

Différents moyens disponibles que nous avons essayé d'utiliser en fonction des différents types de pieds équins.

Notre traitement visé trois sites d'action possibles : le nerf, le muscle et le squelette, en fonction du stade physiopathologique de la déformation :

- Chirurgie neurologique au stade d'hypertonie.
- Chirurgie musculo-tendineuse au stade de rétractions musculo-tendineuses.
- Chirurgie ostéo-articulaire pour corriger les déformations fixées, en fin de croissance.

Les patients qui ont été opérés à Oran, l'indication opératoire a été posées lors d'une consultation pluridisciplinaire en présence du chirurgien d'orthopédie pédiatrique, du médecin spécialiste en médecine physique et réadaptation, du kinésithérapeute et en présence des parents de l'enfant.

A Tlemcen, les patients ont été opérés après une concertation avec le médecin spécialiste en médecine physique et réadaptation.

Après la consultation pluridisciplinaire des paralysés cérébraux, 2 types de pieds équins ont été constitués:

- Pied équin dynamique : il s'agit d'un équinisme du pied qui est présent lors de la marche, secondaire à une spasticité supérieure à 2 de Tardieu du triceps sural, et cet équinisme disparaît à l'arrêt, la flexion dorsale passive de la cheville, genou tendu, est normale. Ce groupe de malade nécessitent **une neurotomie tibiale postérieure**.
- Pied équin fixe : c'est un équinisme qui est due à une rétraction musculaire empêchant la flexion dorsale passive ou active de la cheville, ce groupe de patients nécessite une **chirurgie d'allongement ou de transfert musculo-tendineux +/- neurotomie tibiale postérieure**.

Dans notre série, les pieds équin fixes ont été analysés et classés en fonction du degré de sévérité de l'équin et du degré de sa réductibilité.

Tous nos patients ont bénéficié d'un test de Silfverskiöld sous anesthésie générale juste en préopératoire afin de confirmer l'absence du facteur « spasticité » responsable de l'équinisme du pied. Ils ont été classés en deux groupes et ceci en référence à un algorithme indiquant l'intervention opératoire pour la déformation du pied équin à l'aide du test de Silfverskiöld et de la démarche tridimensionnelle (60) (73) (figure 54):

- **1er groupe** : les pieds dont la flexion dorsale était  $< -20^\circ$  (exemple :  $-30^\circ$ ,  $-40^\circ$ ,...)
- **2ème groupe** : les pieds dont la flexion dorsale était  $\geq -20^\circ$  mais  $< 0^\circ$  (exemple :  $-10^\circ$ ,  $-5^\circ$ ,...)

La chirurgie concerne les muscles du mollet (gastrocnémiens et soléaire) car ce sont les muscles responsables de l'équin fixé suite à leurs rétractions :

- Pour les patients avec un équinisme sévère de la cheville ( $< -20^\circ$ ), qui ne se réduisait pas à la mise en flexion du genou (Silfverskiöld négatif), l'indication d'un allongement en zone 1 était posé (intervention de White, de Hoke ou un allongement en Z du tendon d'Achille).
- Pour les patients avec un équinisme sévère de la cheville ( $< -20^\circ$ ), qui se réduisait à la mise en flexion du genou (Silfverskiöld positif), l'indication d'un allongement musculo-aponévrotique type Baker ou type Strayer est indiqué.
- Pour les enfants avec un équinisme modéré de la cheville ( $\geq -20^\circ$ ), qui ne se réduisait pas à la mise en flexion du genou (Silfverskiöld négatif), l'indication de la technique de Vulpius seule ou bien la technique de Baumann associée à un allongement en Z du tendon d'Achille a été posée.
- Pour les enfants avec un équinisme modéré de la cheville ( $\geq -20^\circ$ ), qui se réduisait à la mise en flexion du genou (Silfverskiöld positif), l'indication d'un allongement musculo-aponévrotique par la technique de Vulpius a été posé.

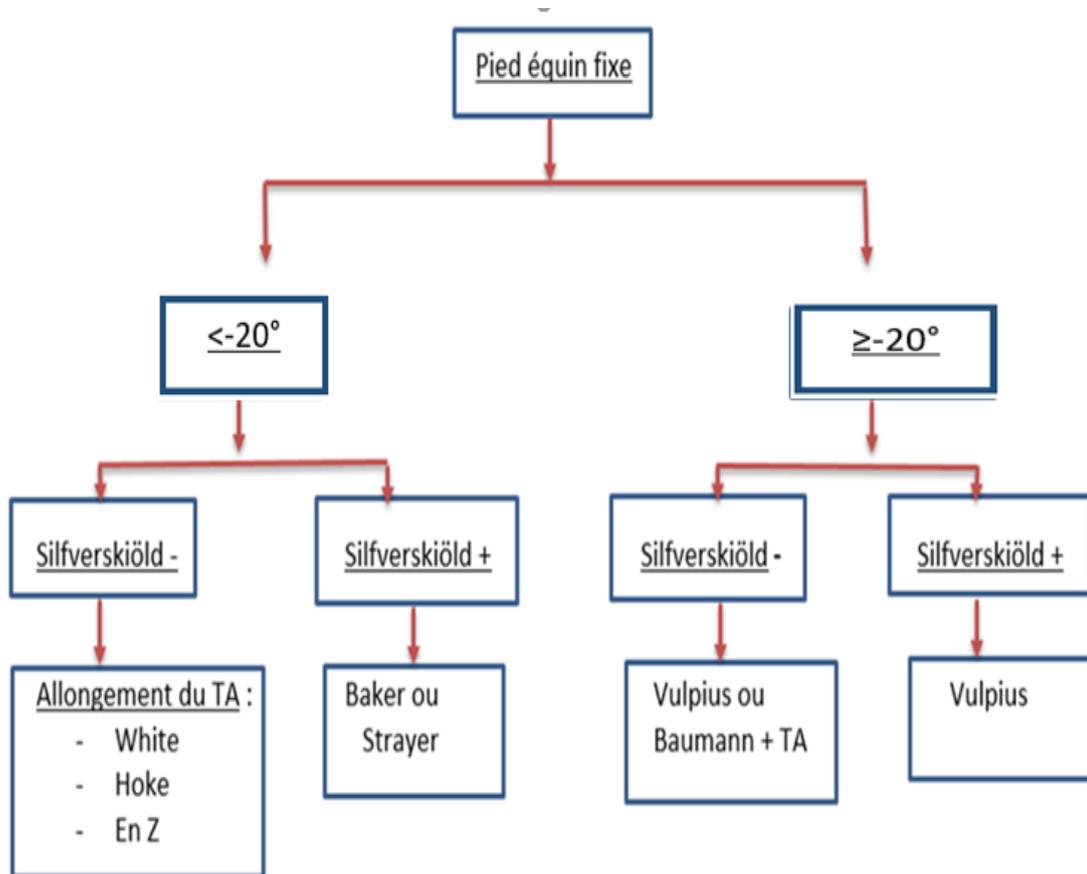


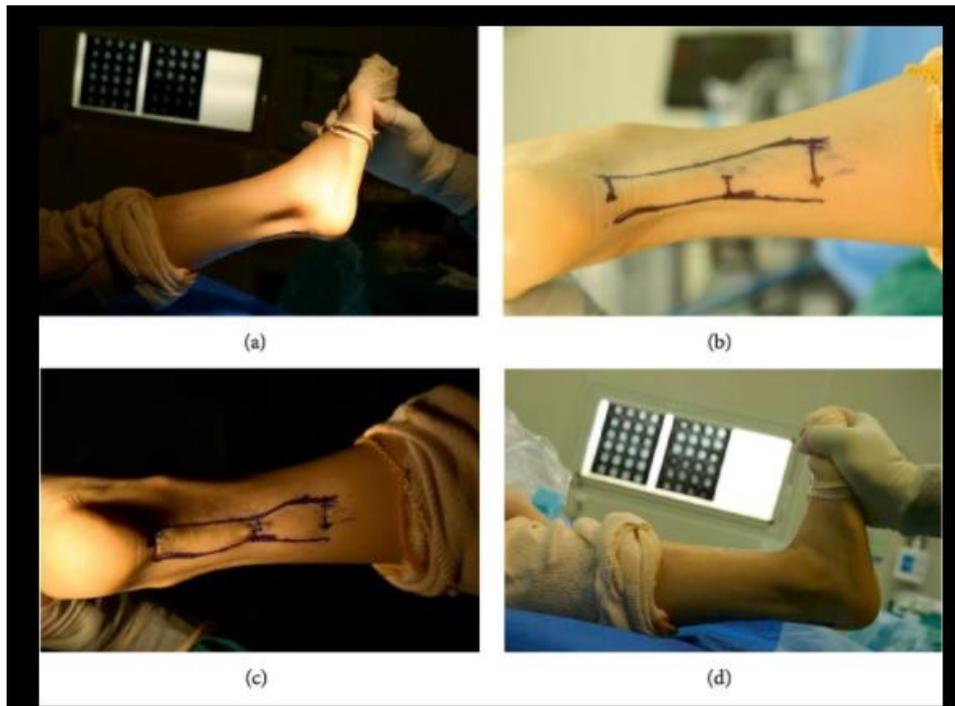
Figure 53: les indications du traitement chirurgical selon le test de Silfverskiöld (60)

**Le déroulement de la chirurgie :** dans un bloc opératoire, sous anesthésie générale, l'intubation endotrachéale.

Chaque enfant a bénéficié d'abord d'un examen sous anesthésie générale afin de confirmer les rétractions musculo-tendineuses des muscles du mollet (gastrocnémiens et soléus) et leur degrés de réductibilité. Les mesures d'examen physique avec l'enfant éveillé et sous anesthésie générale étaient importantes dans la prise de décision de l'allongement musculo-tendineux des gastrocnémiens-soléus (1).

L'enfant est mis en décubitus ventral, l'incision cutanée est faite selon l'indication soit au niveau du 1/3 supérieur, moyen ou inférieur du mollet, ou bien des ténotomies percutanées pour les allongements du tendon d'Achille.

- Les techniques opératoires réalisées en zone 3 :
  - **Intervention de Hoke** : il s'agit d'une triple hémisection du tendon d'Achille. Sous anesthésie générale, un garrot pneumatique a été mis à la racine de la cuisse, l'enfant a été placé en décubitus dorsal avec membre inférieur légèrement en dehors de la table opératoire et le mouvement de dorsiflexion de la cheville pouvait être facilement réalisé. Après préparation de la peau et drapage, la limite du tendon d'Achille et la position de l'incision ont été marquées. Une lame n°15 a été insérée longitudinalement à la partie moyenne du tendon à trois niveaux, la lame a été tournée de 90 degrés et le tendon d'Achille a été sectionné sur la moitié du tendon. L'incision la plus distale a été réalisée à environ 0,5 cm du calcanéum, l'incision la plus proximale était à la limite de l'aponévrose des muscles gastrocnémiens, et une troisième incision était réalisée entre les deux précédentes. Lorsque la mise en flexion dorsale de la cheville a permis de corriger l'équin, nous avons jugé que le but était atteint. Nous avons terminé l'intervention par la mise en place d'un plâtre circulaire avec cheville à 90°.



- a) Rétraction du tendon d'Achille
- b) Traçage des incisions
- c) Hémisections du tendon d'Achille
- d) Correction de l'équinisme du pied

*Figure 54: allongement du tendon d'Achille par la technique de HOKE (101)*

- **Allongement en Z du tendon d'Achille** : il s'agit d'un allongement du tendon d'Achille à ciel ouvert. sous anesthésie générale, mise en place d'un garrot de cuisse. Le patient était placé en décubitus ventral et les pieds étaient un peu éloignés du bord de la table. Après préparation de la peau et champage, on a réalisé une incision postéro-médiale. Le tendon d'Achille a été exposé et sectionné de type Z, puis le tendon d'Achille a été suturé à la position la plus en dorsiflexion de la cheville. Fermeture cutanée et mise en place d'un plâtre type botte plâtrée avec cheville à 90°.



Figure 55: Étapes techniques de l'allongement en "Z" du tendon du calcanéum (69)

- Les techniques opératoires réalisées en zone 2
  - o **Allongement gastrocnémio-soléus selon Vulpius** : Sous anesthésie générale, l'enfant en décubitus ventral, après préparation de la peau et champage une incision longitudinale de 4 cm a été pratiquée à cheval sur la terminaison du galbe du mollet. L'aponévrose du gastrocnémio et le fascia de soleus étaient incisée en un ou deux « V » inversés, correction de la déformation en dorsifiant passivement la cheville avec le genou fléchi puis étendu. Fermeture cutanée et confection d'un plâtre circulaire cheville à 90°.

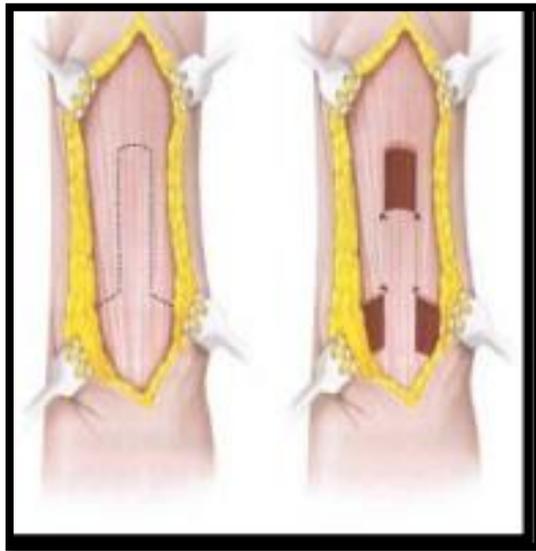


Figure 56: technique de Vulpius (iconographie personnelle)

- Les techniques opératoires réalisées en zone 1

**Allongement des gastrocnémiens selon Baker (modifiée : équivalent d'un Strayer) :**

Sous anesthésie générale, l'enfant en décubitus ventral, après préparation de la peau et champage une incision longitudinale de 4 cm a été pratiquée à la limite des zones 1 et 2 (juste en dessous de la masse charnue des corps musculaires des gastrocnémiens), nous avons réalisé une section transversale de la lame aponévrotique des gastrocnémiens, un allongement en U de leur aponévrose, permettant ainsi de suturer l'aponévrose à elle-même, après l'avoir désolidarisée du soléus.



*Figure 57: technique de Baker (19)*

Après la chirurgie d'allongement musculo-tendineux, les patients ont bénéficié d'un plâtre circulaire cruro-pédieux pour une durée de 4 semaines.



Figure 58: immobilisation postopératoire par plâtre cruro pédieux (iconographie personnelle)

Chaque geste chirurgical réalisé était mentionné sur le dossier médical de l'enfant.

1 mois après la chirurgie, l'enfant était revu en consultation par le chirurgien pédiatre pour évaluer les amplitudes articulaires de la cheville, puis orienté en médecine physique et réadaptation où il a été pris en charge par les médecins rééducateurs et les kinésithérapeutes où ils adressaient des bilans réguliers comprenant les amplitudes articulaires et les améliorations ou aggravations fonctionnelles et commencer immédiatement les séances de rééducation et de kinésithérapie.

Dans le cas de la chirurgie multi site : des patients ont nécessité **des gestes osseux +/- musculo-tendineux +/- neurotomie** associés au traitement du pied équin, soit dans le même temps opératoire que la chirurgie du pied équin soit ultérieurement.

Lors d'une chirurgie multi-site, le malade a été laissé en décubitus dorsal strict. Avant le champage, un examen sous anesthésie général est nécessaire afin d'apprécier la réalité des rétractions musculo-tendineuses. Le badigeonnage jusqu'à l'ombilic pour bien dégager le bassin si un geste est indiqué à ce niveau. Le périnée isolé par un pagne autocollant. Les deux membres installés (même si on intervient de façon unilatérale) pour pouvoir vérifier, à tout moment, la symétrie de l'opéré. Des garrots stériles mis en place à la racine des deux cuisses. Toutes les interventions multisites ont été réalisées de proximal à distal (allant du bassin et progressant vers les pieds).

- **Neurotomie tibiale postérieure** : sous anesthésie générale, sans curarisation, en décubitus ventrale, genoux légèrement fléchis pour détendre les muscles gastrocnémiens. L'incision cutanée en baïonnette à environ 3 cm au-dessus du creux poplité et à 4 cm en dessous, désinsertion musculo-aponévrotique jusqu'à atteindre le nerf tibial ainsi que les collatérales motrices des trois chefs du triceps, les différentes collatérales motrices ont été identifiées par stimulation électrique fascicule par fascicule de chacune des branches. Les fascicules dont la stimulation entraîne des réponses toniques, recherchées en flexion plantaire du pied, sont considérés comme responsables de l'équin ; ils ont été sectionnés micro chirurgicalement sur 2 à 3 mm.



*Figure 59: Installation et champage opératoire d'une neurotomie tibiale droite (89)*



*Figure 60: Incision en baïonnette (89)*



*Figure 61: Incision horizontale(89)*

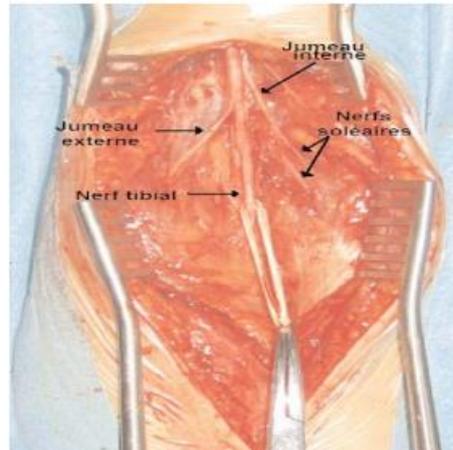


Figure 62: Vue opératoire du nerf tibial avec les différentes branches de distributions (89)

- **Ténotomie des adducteurs de la hanche** : sous anesthésie générale, l'enfant en décubitus dorsal, une incision cutanée d'environ 1 cm le long du trajet du tendon du long adducteur. Nous avons réalisé une section du blanc du tendon du long adducteur au bistouri électrique.



a) Incision cutanée



b) long adducteur sur dissecteur



*c) Ténotomie du long adducteur*

*Figure 63: ténotomie des adducteurs (iconographie personnelle)*

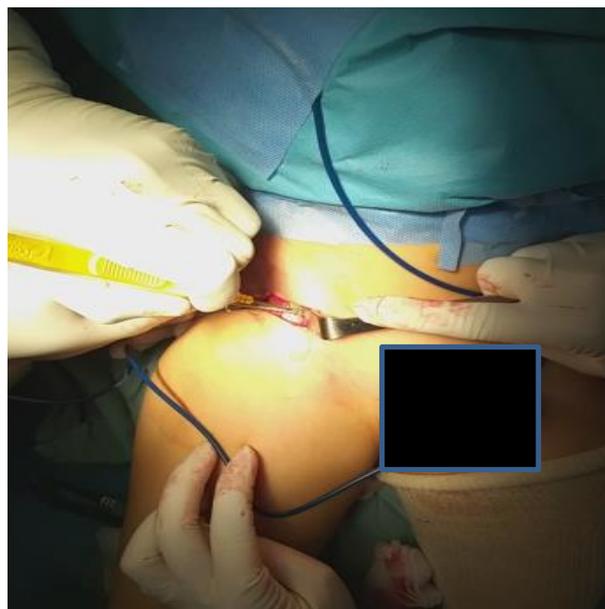
- **Ténotomie du psoas** : sous anesthésie générale, en décubitus dorsal, le muscle psoas est abordé au niveau de la fosse iliaque par une incision cutanée à la partie moyenne de la crête iliaque, ensuite désinsertion des muscles abdominaux à leur insertion sur la crête iliaque en repoussant en dedans le péritoine pariétal jusqu'à apercevoir le tendon du muscle psoas major, section du tendon intermédiaire du psoas major.
- **Ténotomie du droit fémoral dans sa portion proximale** : sous anesthésie générale et en décubitus dorsal, après une incision cutanée verticale à 2 cm en dessous de l'EIAS le long de l'axe du fémur, nous avons procédé à l'ouverture de l'espace entre le couturier et le tenseur du fascia lata et dans lequel le tendon proximal du droit fémoral a été mis en évidence, mis sur dissecteur et ténotomisé.



a)



b)

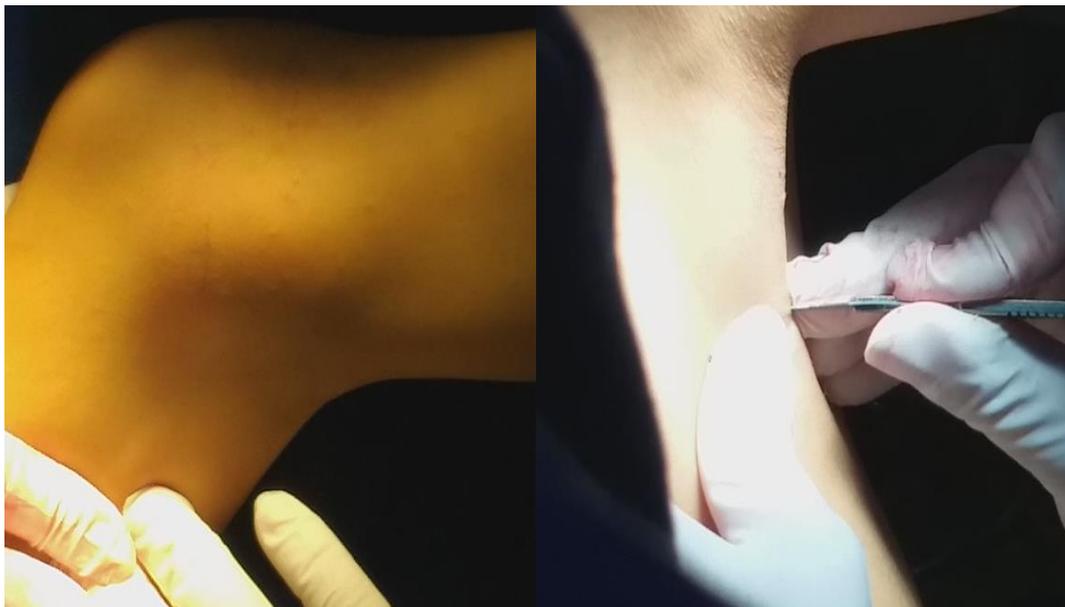


c)

Figure 64: ténatomie proximale du droit fémoral (iconographie personnelle)

a) Incision cutanée b) Droit fémoral c) Ténatomie du droit fémoral

- **Allongement des muscles ischio-jambiers** pour le flessum du genou : au niveau de la partie interne du creux poplité, nous avons repéré au doigt la corde sous cutanée due aux ischio-jambiers rétractés lors de l'extension passive du genou dont le semi-tendineux est le plus saillant, plus en dedans se trouve le tendon distal du gracile, le semi-membraneux est entre les deux. L'allongement a été fait en percutané. Sous anesthésie générale, décubitus dorsal, hanche à 90°, genou en extension maximale, le semi tendineux repéré au doigt, une lame bistouri a été insérée à la partie moyenne du tendon, le point de ponction étaient réalisé 5 cm en amont de l'insertion distale sans dépasser 1 cm de profondeur et le tendon a été sectionné. Si le flessum ne s'est pas corrigé, une ténotomie percutanée du semi-membraneux a été ajoutée. Pendant toute la procédure, une traction est réalisée manuellement sur le membre inférieur jusqu'à la rupture de l'ischio-jambier ténotomisé jusqu'à l'obtention d'un flessum de 30°.



*a) Repérage au doigt de l'ischiojambier rétracté*

*b) ténotomie percutanée de l'ischiojambier*

*Figure 65: Ténotomie des ischio-jambiers (iconographie personnelle)*

- **Ostéotomies de dérotation fémorale** pour les excès de rotation fémorale : L'incision cutanée d'environ 15 cm de long, sous trochantérienne, longitudinale sur la face externe de la cuisse sur une longueur de 15 cm environ. Désinsertion du vaste latéral avec son périsote. Une plaque vissée a été mise en place sur la face latérale du fémur, les deux premières vis

proximales ont été introduites. Deux broches verticales ont été placées dans le même plan à la face antérieure du fémur. Nous avons réalisé l'ostéotomie à la scie de Gigli. Le fragment distal a été tourné en dehors à l'aide d'un davier jusqu'à l'angle souhaité calculé par l'angle formé par les deux broches après la manoeuvre de dérotation. La fixation de la plaque est terminée par mise en place des vis restantes. La fermeture se fait plan par plan avec un drainage aspiratif de Redon.

- **Abaissement de rotule** pour la patella alta : sous anesthésie générale, en décubitus dorsal, mise en place d'un garrot pneumatique à la racine de la cuisse. Nous avons réalisé une incision cutanée sagittale, une broche a été introduite en rétro-TTA afin de faire un orifice à travers lequel nous avons fait passer un fil. La rotule est abaissée jusqu'à ce que la pointe de la rotule soit à 1 cm de l'insertion du tendon rotulien, la fixation de la rotule dans cette position a été faite par des nœuds latéraux. Nous avons procédé à une plicature en palteau sur 2 à 3 cm et section du tendon rotulien. La fermeture a été faite sur un drain de Redon aspiratif. Si une ténotomie du droit fémoral a été indiquée en même temps qu'un abaissement de la rotule, elle a été réalisée sur sa portion distale.

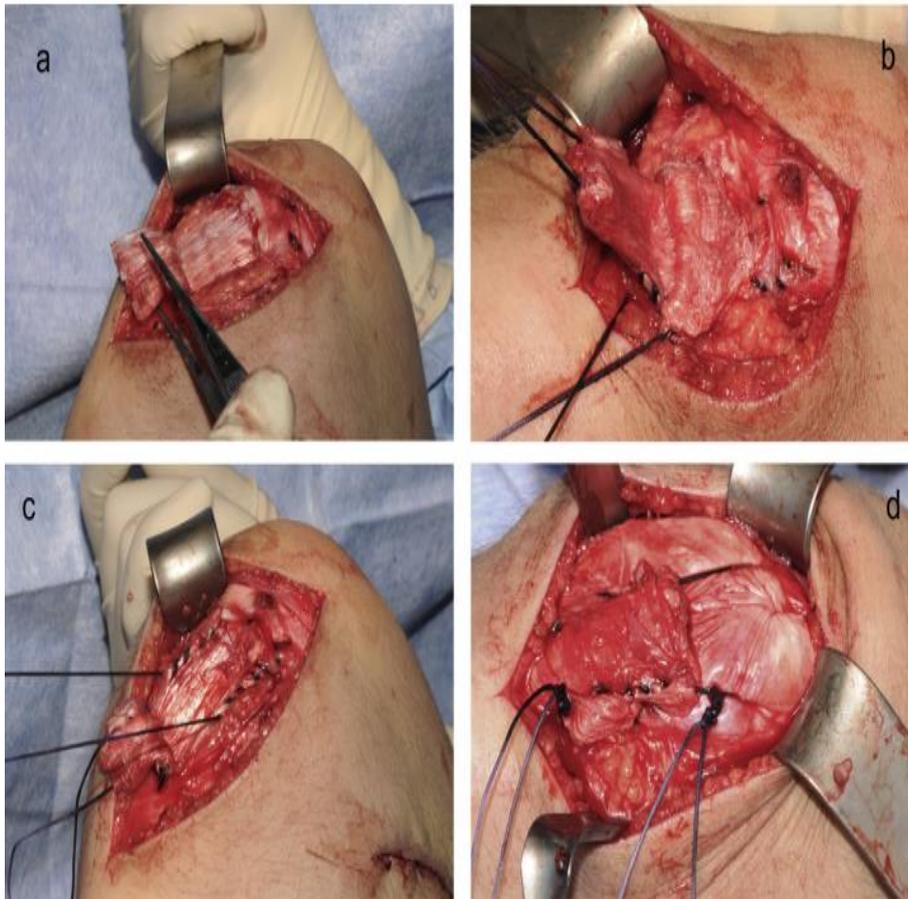
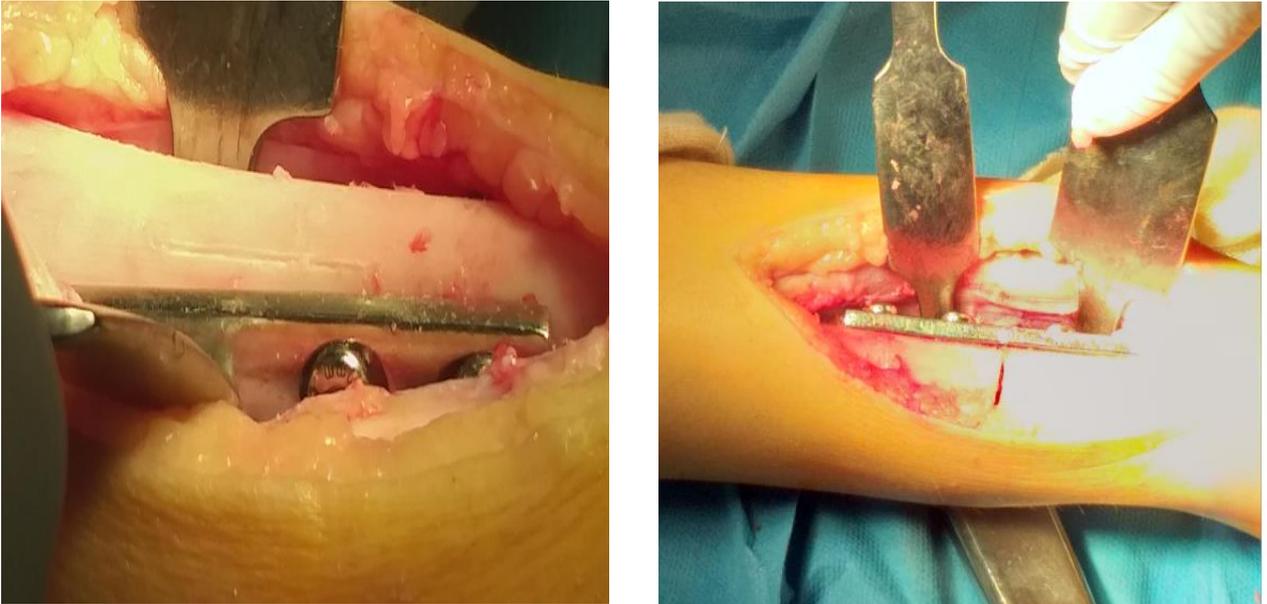


Figure 66: Images peropératoires de la technique chirurgicale. (a) Fente dans le plan sagittal (b) Laissant la moitié postérieure intacte et la moitié antérieure est raccourcie en palteau. (c et d) La partie antérieure du tendon a été raccourcie de 2 à 3 cm et réparée (102)

- **Ostéotomies de dérotation tibiales** pour les défauts de rotation tibiale : sous anesthésie générale, en décubitus dorsale, une incision sur la face antéro-latérale de la jambe a été réalisée, Une plaque vissée a été mise en place sur la face latérale du tibia, les deux premières vis proximales ont été introduites. Deux broches verticales ont été placées dans le même plan à la face antérieure du tibia. Nous avons réalisé l'ostéotomie à la scie de Gigli. Le fragment distal a été tourné en dedans à l'aide d'un davier jusqu'à l'angle souhaité calculé par l'angle formé par les deux broches après la manoeuvre d'enrotation. La plaque a été fixée par les vis restantes.



*Figure 67: ostéotomie de dérotation interne du segment jambier (iconographie personnelle)*

- Opération de Cavalier pour le pied planovalgus : par une incision dorsale, longitudinale, pré-malléolaire externe, on a sectionné le ligament frundiforme et désinséré le muscle pédieux. Rehausser par un mouvement de bras de levier l'astragale sur le calcanéum à l'aide d'un ciseau courbe, le maintien de cette réduction s'est fait par une vis astragalo-calcaneenne placée d'avant en arrière et de haut en bas, légèrement en dedans.

- L'aponévrotomie plantaire pour les pieds cavus : enfant en décubitus dorsal, garrot pneumatique à la racine de la cuisse, pied surélevé par un billot, à travers une incision curviligne de 3 à 4 cm à l'union de la peau plantaire et de la peau dorsale, nous avons sectionné l'aponévrose interne après avoir délimité sa face superficielle et sa face profonde au contact du court fléchisseur plantaire, à proximité de son insertion calcaneenne.

- Ostéotomies de réaxation de l'hallux pour l'hallux valgus :

Si une ostéotomie a été réalisée, une immobilisation plâtrée a été confectionnée pour une durée de 3 à 4 mois ; le patient était revu en consultation à 1,2 et 3 mois.

Après ablation de la contention plâtrée, l'enfant était orienté au service de médecine physique et réadaptation où il a été pris en charge par le médecin rééducateur et le kinésithérapeute, ils ont évalué les amplitudes articulaires et ont commencé les séances de rééducation et de kinésithérapie.

Tous les gestes opératoires réalisés ainsi que toutes les observations sur l'évolution ont été mentionnés sur le dossier médical.

#### **5.5.5. Gestion de la douleur postopératoire**

Pour les malades qui ont bénéficié d'un geste opératoire portant sur les aponévroses et les tendons, ils ont reçu des analgésiques du 1<sup>er</sup> palier. Par contre les enfants chez qui nous avons réalisé un geste osseux ou bien une chirurgie multi site, la douleur a été gérée par la mise en place peropératoire d'un cathéter péri-dural avec administration continue d'opioïdes.

#### **5.5.6. Suivi et durée du traitement post-opératoire**

Le suivi de nos patients s'est fait en ambulatoire, l'évaluation du malade était faite à 1 mois, 3 mois et 6 mois en post-opératoire afin de détecter d'éventuelles récurrences ou complications dues au traitement :

Tous nos patients ont bénéficié d'une immobilisation plâtrée faite d'un plâtre cruro-pédieux genou en extension et cheville à 90° pour une durée de 3 à 4 semaines.

Comme toute chirurgie orthopédique, nos patients ont été mis en post opératoire immédiat sous surveillance rigoureuse afin de dépister à temps toute souffrance sous plâtre, toute douleur et tout saignement, puis le relai a été pris par l'équipe de la médecine physique et réadaptation pour des séances de rééducation et un appareillage postopératoire.

Le type et le rythme du programme de kinésithérapie dépendent des interventions réalisées.

##### **5.5.6.1. Immobilisation post opératoire immédiate**

Le plâtre cruro-pédieux avec genou en extension et cheville à 90° a été indiqué pendant une durée variable selon l'indication opératoire allant de 1 mois à 3 mois.

En effet, pour les 17 pieds équins sans atteintes associées, la durée d'immobilisation a été d'un mois.

Pour les pieds équins associés à d'autres atteintes, la durée d'immobilisation allait de 3 à 4 mois si une ostéotomie a été réalisée.

### **5.5.6.2. Immobilisation et appareillage postopératoires**

Tous nos patients opérés ont été orienté vers le service de médecine physique et réadaptation pour une prise en charge et un appareillage post opératoire adaptés.

Le but de l'appareillage était d'éviter la dégradation des résultats obtenus, de gagner en amplitude articulaire et d'améliorer la marche

Tous nos malades ont porté des orthèses postopératoires :

- Le petit appareillage : semelles orthopédiques et les coques moulées.
- Le grand appareillage : chassures orthopédiques et les orthèses de posture ou de fonction.

#### **Gestes sur les tissus mous :**

- Aponévrotomie du triceps sural : l'appui immédiat avec bottes de contention pendant 1 mois.
- Ténotomie des ischio-jambier : plâtre cruro-pédieux avec genou en extension et cheville à 90° pendant 3 à 4 semaines. Position assise jambes tendues puis la verticalisation et la déambulation d'abord avec aide ensuite sans aide.
- Tenotomie du droit fémoral : en absence d'un abaissement de rotule les mouvements du genou et de la hanche ont été rapidement récupérés.
- Ténotomie du psoas : posture nocturne en décubitus ventral pendant 6 mois, et diurne en décubitus dorsal pendant 1 mois, et la marche si le niveau fonctionnel le permettait a été de 1 à 3 mois, position assise avec abduction des cuisses. Lombostat postopératoire dès la verticalisation si une hyperlordose importante, étirement des psoas a été réalisé à partir de 3 semaines à 1 mois.
- Ténotomie des adducteurs : abduction des cuisses à l'aide d'une barre d'abduction placée entre les cuisses ou de mousse triangulaire placée entre les cuisses en position couchée.
- Abaissement de rotule : pendant les 3 semaines en post opératoire, on a réalisé une flexion passive du genou jusqu'à 90° ensuite aller à plus de 90°, une contraction statique du quadriceps, nous avons ensuite travaillé ensuite en dynamique contre la pesanteur, et après les 2 mois nous avons travaillé contre une résistance. La marche a été d'abord assurée dès

que la position verticale était possible avec une attelle postérieure cruro-malléolaire jusqu'à ce que l'enfant arrivait à verrouiller son genou en appui monopodal sans risque de déverrouillage sous couvert d'aide.

**Gestes osseux :**

- Ostéotomie de dérotation tibiale et fémorale : l'appui a été progressif sous protection d'un plâtre à 4 semaines, ensuite passage en barres parallèles en respectant la douleur, et enfin la marche a été récupérée progressivement avec déambulateur puis autonome.

**5.5.6.3. Rééducation postopératoire**

Au niveau du service de rééducation nous avons:

- Recherché le niveau fonctionnel maximal atteint par le patient avant l'intervention (GMF-CS).
- Analysé la dernière vidéo de marche de l'enfant avant l'intervention.
- Recueilli les attentes des parents de l'intervention chirurgicale
- Expliqué aux parents la nécessité d'une prise en charge rééducative longue et parfois coûteuse.
- Expliqué aux parents et à l'enfant que c'est un fait physiologique qu'il y ait en post opératoire précoce une certaine faiblesse de la musculature des membres inférieurs réduisant les possibilités fonctionnelles qu'avait acquis le patient avant l'intervention.
- Géré la douleur : s'il existait une douleur spontanée, il fallait rechercher des anomalies de la contension. La douleur à la mobilisation a nécessité la prescription d'antalgiques et si elle était intense, on a préféré ralentir les séances de mobilisation.
- Un examen clinique complet a été effectué : examen de la plaie opératoire, examen des mouvements passifs des membres inférieurs, évaluer le degré de sidération musculaire, rechercher une spasticité d'un groupe musculaire qui peut gêner ultérieurement la verticalisation et la marche et qui a nécessité un traitement complémentaire par des injections de toxine botulique, examen des autres appareils.
- Un bilan radiologique a été demandé.

Les patients orientés au service de médecine physique et de réadaptation pour bénéficier de séances de rééducations ont été intégrés selon un calendrier thérapeutique pré établi par les médecins rééducateurs. Ce calendrier comporte 3 phases :

**Phase 1 : contension diurne et nocturne (1 mois)**

Pour la chirurgie du triceps : 4 semaines de contension plâtrée (botte plâtrée) sans appui dans une botte plâtrée, puis 3 semaines avec appui progressif dans une botte plâtrée ou résine de marche. la contention de pied a été laissée la nuit pendant une durée d'environ 6 mois et parfois davantage s'il y avait tendance à la récurrence.

S'il n y avait pas de geste osseux le patient a été verticalisé et remis à la marche avec des attelles et des aides techniques.

Cette physiothérapie consistait à mobiliser les articulations passivement et activement afin d'éviter les ankyloses, parfois des étirements musculaires ont été nécessaires afin d'éviter les rétractions musculaires, exemple : pour éviter le raccourcissement du triceps sural il fallait au minimum un étirement de 6 heures par jour. Ces étirements devaient se faire quotidiennement, avec le maintien par des orthèses.

Pour le fessum du genou : Contension cruro-malléolaire avec genou en extension pour permettre la cicatrisation des ischio-jambiers le premier mois, elle a été portée jour et nuit en dehors des séances de rééducation, puis la nuit pendant 6 mois. Dans le cas où l'extension du genou a été incomplète, on a utilisé la résine cruro-malléolaire bivalvée. C'est une contension pour la position verticale et pour la déambulation.

Pour l'adduction de la hanche : nous avons mis en place pendant 1 mois, soit une barre d'abduction des hanches placée au niveau des cuisses permettant la cicatrisation des adducteurs en position longue, soit une mousse triangulaire d'abduction des hanches. Si les fléchisseurs de la hanche devaient être posturés, l'enfant a été mis en décubitus ventral pendant au moins 6 heures.

**Phase 2 : 1 mois à 3 mois**

Ablation de la contension cruro-malléolaire ou cruropédieuse diurne

Mise en place d'attelles suro-pédieuses rigides ou semi-rigides

Avec la jambe tendue, si on a pu atteindre une flexion dorsale de la cheville à 90° l'attelle polyéthylène a été moulée dans cette position. Par contre, si cette flexion dorsale n'a pas pu être ramenée à 90°, il a fallu tolérer un peu plus d'équin et compenser ce léger équinisme par une talonnette.

Les dérotateurs souples ont été utilisées suite aux ostéotomies de dérotation.

En cas de chirurgie du psoas, on a favorisé les positions debout ou couchées avec hanches et genoux en extension

Renforcement musculaire afin de trouver un équilibre entre muscles antagonistes/agonistes

Nous avons commencé l'entraînement à la marche, d'abord avec aides techniques ensuite sans aides, puis augmentation progressive du périmètre de marche.

En cas d'hypertonies des triceps qui a été responsable d'équins dynamiques, nous avons préconisé des injections de toxine botulique.

**Phase 3 : au-delà de 3 mois**

Renforcement des groupes musculaires tels que l'ischio-jambiers, psoas, extenseurs de genoux, fessiers, muscles érecteurs du rachis.

Intensification du travail sans aides techniques.

Améliorer la qualité de la marche

**5.5.6.4. Situation particulière**

Pour les patients pour qui la kinésithérapie régulière et intensive dans le but de retarder une chirurgie multi site était impossible, on a préconisé un schéma thérapeutique comme suit :

- Libération chirurgicale des rétractions musculo-tendineuses à un âge précoce (6-8 ans) : ténotomie des adducteurs en cas de limitation de l'abduction de la hanche,

ténotomie du psoas en cas d'antéversion pelvienne, ténotomie du rectus femoris en cas de flessum de la hanche, ténotomie des ischio-jambiers en cas de flessum du genou, aponévrotomie du triceps sural, aponévrotomie de l'aponévrose plantaire.

- En post opératoire l'enfant a été orienté à la rééducation pour bénéficier d'une kinésithérapie et maintenir le gain obtenu lors de la chirurgie musculo-tendineuse. En postopératoire, des plâtres circulaires cruro-pedieux ont été appliqués pendant 4 semaines pour maintenir le genou en extension et faciliter la position debout avec cheville à 90°. La physiothérapie a ensuite été menée par un kinésithérapeute pédiatre. Au cours de la semaine, la thérapie comprend la mise en position debout avec maintien de l'équilibre, avec renforcement des muscles du dos et des hanches. Ensuite, la physiothérapie vise à renforcer les muscles des hanches et des genoux et ceci à la marche à l'aide du déambulateur, par la suite une marche sans déambulateur. Un contrôle a été effectué pendant 6 semaines, puis chaque 6 semaines jusqu'à 6 mois en post opératoire.

L'appareillage à type d'orthèses : des orthèses de posture du pied à 0° de flexion dorsale, portée la nuit. Coque moulée de verticalisation en abduction où l'enfant a été installé pendant la journée, environ 1 heure, à un moment choisi.

Des orthèses de fonction de pied à mettre dans des chaussures du commerce pour lutter contre l'équin à la marche.



*Figure 68: orthèses type AFO (Ankle Foot Orthese) (iconographie personnelle)*

- Arrivé à l'âge pré pubertaire, et dès l'apparition des anomalies tertiaires: ostéotomie de dérotation fémorale, abaissement de la rotule, ostéotomie de dérotation tibiale, traitement de l'hallux valgus, allongement en Z du tendon d'Achille.

### **5.5.7. Critères de jugement**

- Faire un examen clinique complet,
- Evalué les résultats thérapeutiques sur un support iconographique pour une évaluation du critère de jugement,
- Analyse vidéo de la marche
- Evalué le développement psychomoteur,
- Evalué les effets secondaires du traitement,

#### **5.5.7.1. Cliniques**

- Au niveau de la cheville :

**Les amplitudes articulaires de la cheville** : les angles tibio-tarsiens ont été mesurés à l'aide d'un goniomètre en décubitus dorsal.

On réalise une flexion dorsale à vitesse lente de la cheville, genou en extension pour évaluer la rétraction des muscles gastrocnémiens. L'angle ainsi obtenu doit être de 15° (14).

On réalise aussi une mesure en flexion dorsale de cheville à vitesse lente genou fléchi, ce qui permet d'évaluer la participation du muscle soléaire à l'équin. L'angle ainsi obtenu doit être compris entre 20° et 25° (14).

Ces amplitudes doivent être mesurées en pré et en post opératoire afin de juger de l'allongement musculo-tendineux des muscles du mollet.

Toutes ces mesures doivent être mentionnées sur le dossier médical du patient.

- Au niveau du pied :

Absence de douleurs

Pas de difficultés de chaussage

### 5.5.7.2. Radiologiques

- Au niveau du pied :

le cavo-varus ou le planovalgus est corrigé si sur la radiographie dorsoplantaire :

- l'angle astragalo-calcaneen est entre 20° et 25°,
- l'angle talus – 1<sup>er</sup> métatarsien est entre 0 et 5°,
- et calcaneus – 5<sup>ème</sup> métatarsien est de 0° .

Sur l'incidence de profil:

- divergence astragalo-calcaneenne doit être entre 35° et 40°,
- l'angle talus-1er métatarsien ou angle de Méary entre 0 et 10°.

- Au niveau du genou :

L'ascension de la rotule ou la patella alta est corrigée si l'indice de Caton est entre 0,8 et 1,2.

- Au niveau du bassin :

L'inclinaison pelvienne au scanner est jugée corrigée si celle-ci est inférieure à 20°.

### 5.5.7.3. Neuromécaniques

Les améliorations ne pouvaient être mieux évaluées que si nous disposions des outils d'évaluation adéquats pour l'évaluation tridimensionnelle de la marche à savoir un laboratoire de la marche (AQM).

Pour nos patients, l'évaluation a été appréciée par la vidéo de la marche post opératoire.

**Des enregistrements vidéos** ont été réalisés et archivés régulièrement. N'ayant pas un laboratoire d'AQM, nous avons réalisé des vidéos, ces dernières étant facilement réalisables et reproductibles,

Nous avons proposé, développé puis validé une analyse des enregistrements vidéographiques à partir de critères fonctionnels en nous appuyant sur les grands principes (distant des analyses quantifiées mais pragmatiques) du Pr Gage, qui a proposé une

subdivision fonctionnelle du cycle de la marche en 5 priorités hiérarchisées dépendantes de leur importance et nécessaire pour avoir une marche efficiente, à savoir (14) :

- 1 - Bon pré positionnement du pied à l'attaque du pas.
- 2 - Bonne stabilité du membre inférieur à la phase d'appui.
- 3 - Liberté du passage du pas à la phase oscillante.
- 4 - Longueur du pas suffisante.
- 5 - Conservation d'énergie faisant référence à la capacité fonctionnelle ou à l'endurance réduite de ces sujets qui présentent une marche pathologique.

Ces films ont permis de suivre l'évolution de la marche avant et après chirurgie.

### **5.5.8. Collecte des données des patients**

#### **5.5.8.1. Questionnaire**

Un dossier médical a été élaboré pour recueillir l'ensemble des informations nécessaires pour répondre aux objectifs de notre étude (annexe n° 1)

Ce suivi rempli par le médecin traitant lors de la première consultation, vise à recueillir des informations générales ainsi que des informations spécifiques en rapport avec la pathologie.

Il doit comporter les informations suivantes:

- Renseignements personnels : Tous les renseignements qui permettent d'identifier le patient sont considérés comme des renseignements personnels.
  - son nom;
  - son sexe;
  - sa date de naissance;
  - son adresse
- Renseignements médicaux
- Renseignements para-médicaux
- Renseignements chirurgicaux

- Évolution et complications postopératoires

#### **5.5.8.2. Calcul de la taille de l'échantillon**

Pour atteindre l'objectif de notre étude et étant donné que les indications chirurgicales ne sont pas très fréquentes, nous allons mener notre étude sur un échantillon exhaustif de tous les cas de pied équin durant la période allant du 1<sup>er</sup> janvier 2018 au 1<sup>er</sup> février 2020, se présentant au service d'orthopédie pédiatrique de l'EHS pédiatrique Canastel et le service de chirurgie pédiatrique de l'EHS mère-enfants de Tlemcen.

#### **5.5.8.3. Analyse des données**

Les données sont recueillies sur des fiches uniformisées établies à partir d'un questionnaire.

Les valeurs obtenues à partir des données et ou support d'information sont codées soit selon un mode binaire (Oui/Non, présence ou absence) soit selon une progression géométrique pour les réponses multiples.

La validation des données retranscrites sur le questionnaire s'est faite sur la base de la consultation des différents documents médicaux du malade mis à notre disposition.

La saisie des données est effectuée sur le logiciel EPI Info version 6 du Centre Of Disease Control d'Atlanta (USA) avec au préalable un contrôle à la saisie avec le module Check du programme permettant ainsi de réduire les incohérences et les incompatibilités dans la définition de la variable et de faire respecter les critères d'éligibilité.

L'analyse descriptive et analytique des données ont été effectuées à l'aide des logiciels SPSS20, et MEDCALC12.

Un tri à plat a permis de corriger les données incohérentes et de compléter les données manquantes.

- Analyse des données de la population et application des tests statistiques :

L'analyse descriptive des données est basée sur la transformation des variables : par regroupement en utilisant soit le codage, soit des transformations conditionnelles pour la mise en tableau et l'analyse.

L'analyse descriptive des variables se fait par le calcul des fréquences, des caractéristiques de tendance centrale ou de dispersion : la moyenne ( $m$ ), l'écart type ( $\sigma$ ) ainsi que la détermination des intervalles de confiance (IC95%) autour de la moyenne, pour le risque  $\alpha = 0,05$  pour les variables quantitatives.

La détermination des fréquences et des intervalles de confiance pour les variables qualitatives.

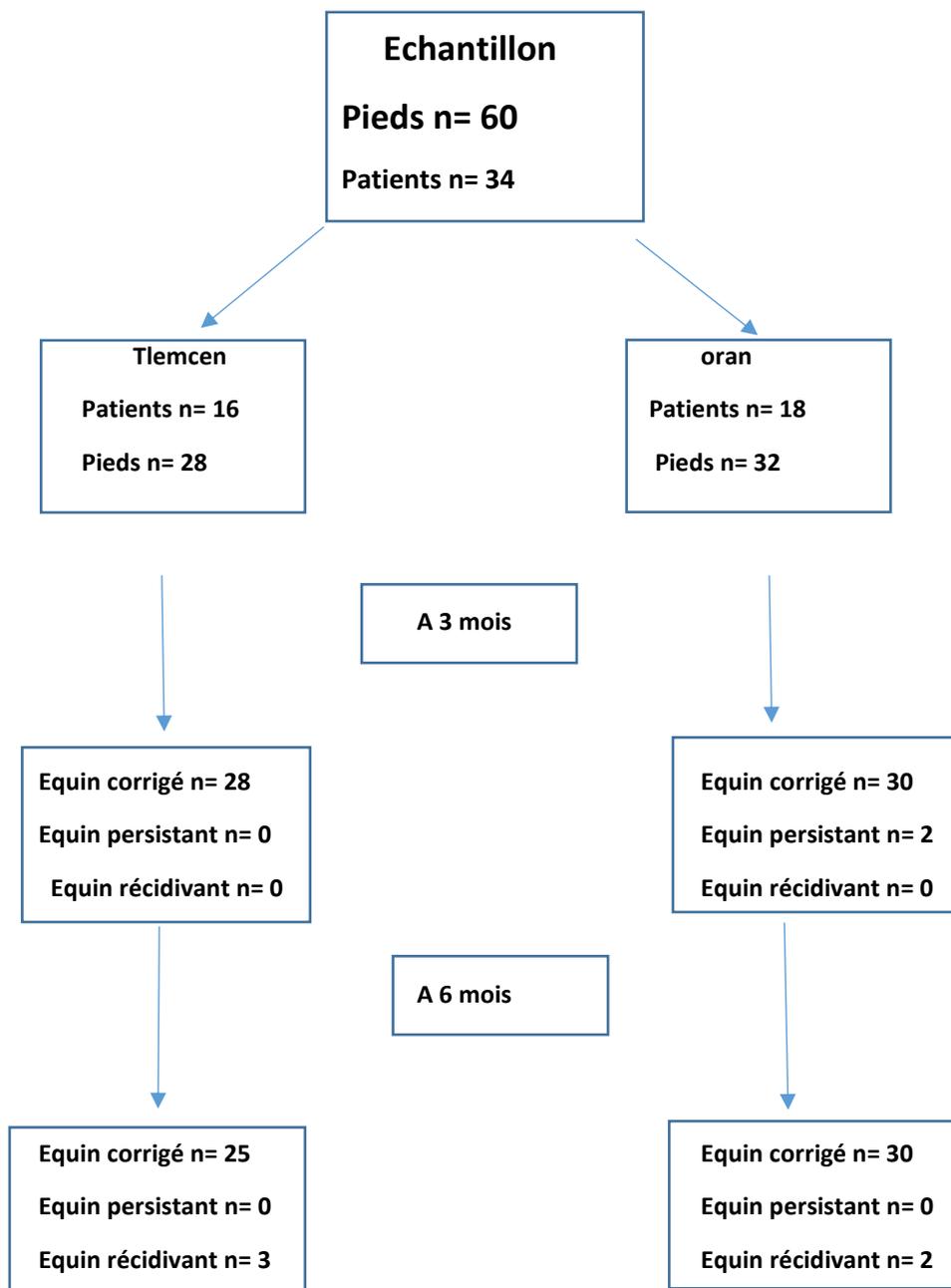
Les caractéristiques des deux groupes seront comparées à l'aide des tests  $\chi^2$  (khideux de McNemar): corrigé de YATES, le test exact de FISHER, afin d'assurer la comparabilité des deux groupes.

## ***Résultats***

## 6. Résultats

### 6.1. Description de la série

Au terme de notre étude, qui porte sur une série de 34 enfants (60 pieds équins paralytiques ) avec une paralysie cérébrale et portant des anomalies du pied type pied équin spastique, nous avons obtenu les résultats suivants :



## 6.2. Etude épidémiologique

### 6.2.1. Répartition selon le sexe

Tableau 6: Répartition selon le sexe

	Nombre (N= 34)	Pourcentage (100%)
Filles	13	38,23 %
Garçons	21	61,76 %

Avec un sexe ratio de 1,63 on note une nette prédominance du sexe masculin avec 21 garçons (61,76%) et 13 filles (38,23%) dans notre échantillon.

### 6.2.2. Répartition selon l'âge

#### 6.2.2.1. Répartition selon l'âge moyen de consultation selon le sexe

L'âge c'est celui que le patient avait lors de la première consultation en chirurgie pédiatrique.

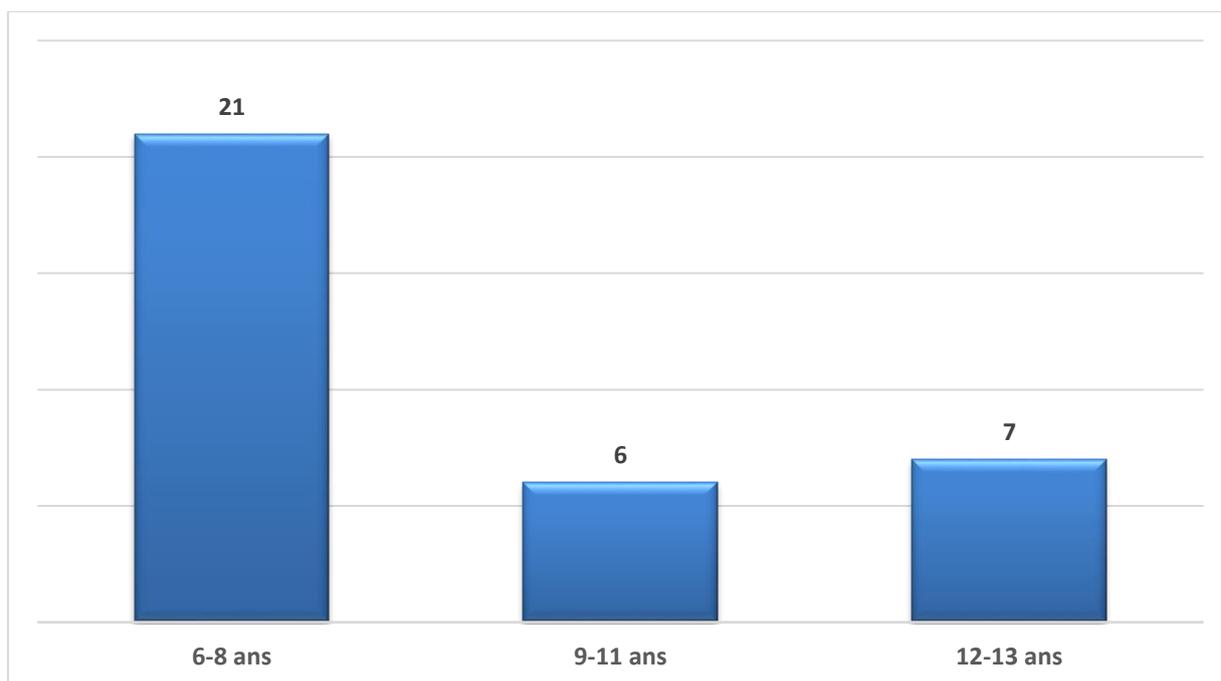
Tableau 7: Répartition selon l'âge moyen de consultation selon le sexe

Sexe (N= 34)	Moyenne
Filles	8,07 ans
Garçons	9,19 ans

On note qu'il existe une différence dans le temps effectué par les parents pour mener leur enfant en consultation puisqu'on note que les patients de sexe féminin sont vus en consultation plus tôt que les patients de sexe masculin.

Notre population d'étude a une moyenne d'âge de 8,76 ans avec des extrêmes d'âge allant de 6 à 14 ans.

6.2.2.2. Répartition par tranche d'âge



*Histogramme 1: la répartition selon l'âge*

Les résultats ont été reportés sur un histogramme n° 1, on remarque que 61,76 % de nos patients ont un âge compris entre 6 et 8 ans.

8 ans est l'âge minimum requis pour la chirurgie, quand à l'âge de 6 ans c'est l'âge maximum requis pour les injections de toxine.

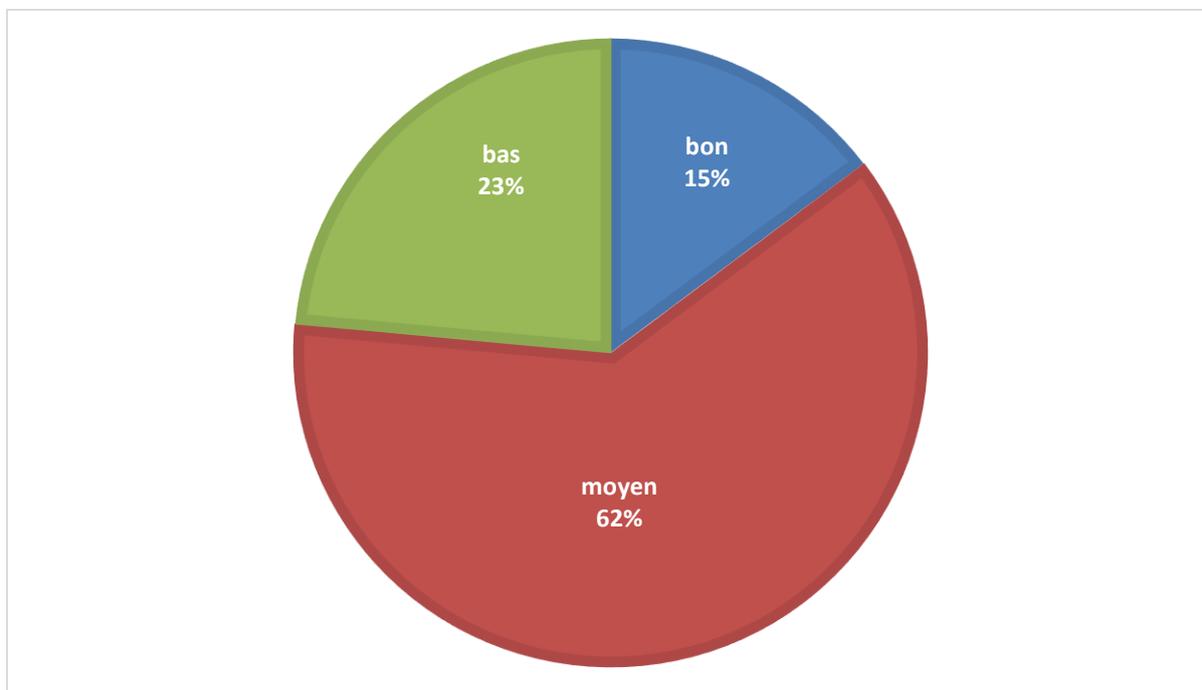
### 6.2.3. Répartition selon l'origine géographique

Tableau 8: répartition selon l'origine

Origine	Nombre (N= 34)	Pourcentage (100 %)
Oran	12	35,29 %
Tlemcen	8	23,53 %
Mostaganem	2	5,88 %
Aflou	1	2,94 %
Mechria	1	2,94 %
Arzew	1	2,94 %
Maghnia	2	5,88 %
Sebra	1	2,94 %
Remchi	1	2,94 %
Ghazaouet	1	2,94 %
sebdou	1	2,94 %
El Bayadh	1	2,94 %
Mascara	2	5,88 %

Les patients viennent de toutes les régions de l'ouest Algérien, 58 % des malades proviennent des chefs lieu wilaya, soit 35 % d'Oran et 23 % de Tlemcen.

#### 6.2.4. Répartition selon le niveau socio économique



*Grappe 1: la répartition selon le niveau socio-économique*

62 % de nos patients ont un niveau socio-économique moyen et 15 % de nos patients sont issus d'un bon niveau socio-économique (grappe n°1), tout ceci va influencer nos résultats vue que les parents d'un bon niveau vont assurer un bon suivi à moyen et à long terme de leurs enfants dans la prise en charge pré et post opératoire et donc nous assurer de bons résultats.

## 6.3. Etude clinique

### 6.3.1. Interrogatoire

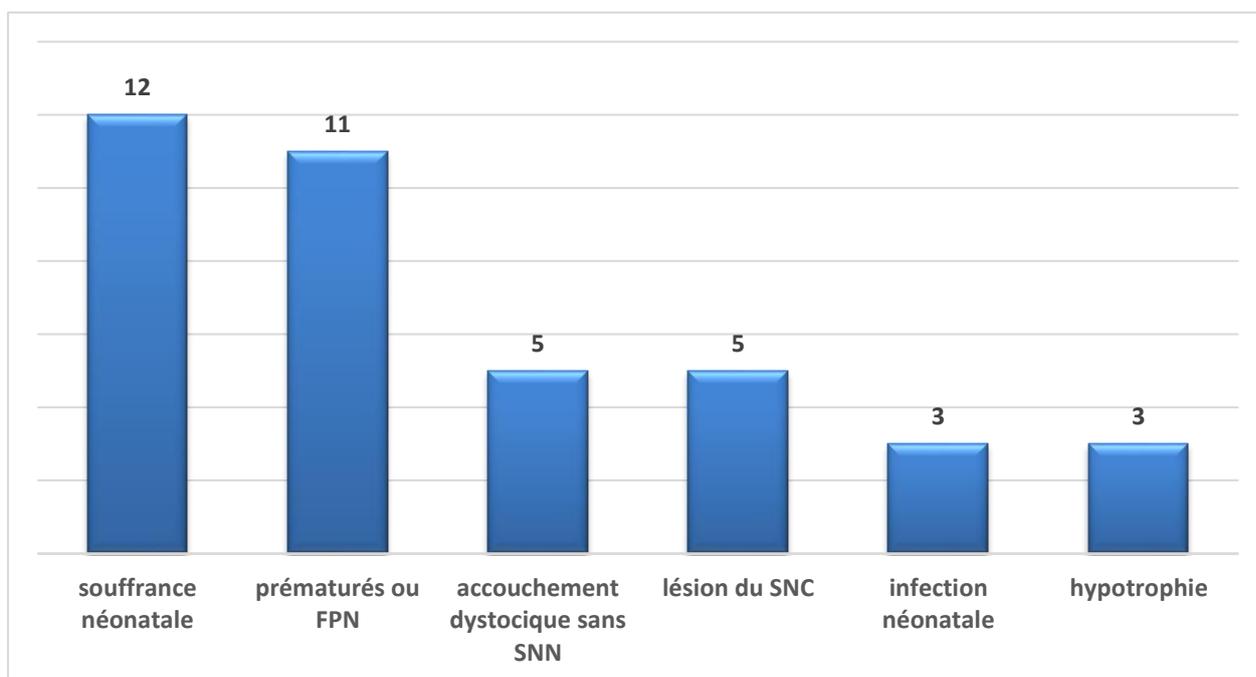
#### 6.3.1.1. Répartition selon les antécédents

Sur nos 34 malades, 3 étaient adoptifs et 3 n'avaient aucun antécédent considéré comme facteur de risque pour la paralysie cérébrale.

Pour les 28 autres, nous avons retrouvé un ou plusieurs facteurs de risque associés expliquant l'atteinte de ces enfants de paralysie cérébrale.

*Tableau 9: Répartition selon les antécédents*

	Nombre	Pourcentage
<b>Souffrance néonatale</b>	12	35,29 %
<b>Accouchement dystocique sans souffrance néonatale</b>	5	14,70 %
<b>Lésion du SNC</b>	5	14,70 %
<b>Prématurés ou faible poids de naissance</b>	11	32,35 %
<b>Infection néonatale</b>	3	8,82 %
<b>Hypotrophie</b>	3	8,82 %



*Histogramme 2: la répartition selon les antécédents*

La prématurité et la souffrance néonatale représentent les facteurs de risque les plus fréquemment retrouvés chez nos patients.

#### **6.3.1.2. Répartition selon le motif de consultation**

Les motifs de consultation de nos patients sont diverses ; en effet même si tous nos patients ont été orientés par le médecin spécialiste en médecine physique et réadaptation, le principal motif de consultation reste les troubles de la marche :

18 patients , (52,94 %) ont consulté pour un trouble de la marche, ensuite viennent les 26,47 % déformations qui alertent les parents et qu'on a retrouvé 9 cas, et le retard d'acquisition d'une marche stable dans 14,7% des cas.

Dans 2 cas, il s'agit d'autres motifs 1 cas est venu pour des douleurs au niveau du pied et 1 cas pour des chutes fréquentes.

Tableau 10: répartition selon le motif de consultation

	Nombre (N= 34)	Pourcentage (100 %)
Troubles de la marche	18	52,94 %
Déformation du pied	9	26,47 %
Retard d'acquisition de la marche	5	14,70 %
Autres	2	5,88 %

### 6.3.2. Examen physique

L'examen physique révèle les résultats suivants répartis en fonction du côté en :

#### 6.3.2.1. Selon le côté atteint

Tableau 11 : Répartition selon le côté atteint dans l'atteinte unilatérale

	Nombre (N=8)	Pourcentage (100 %)
Pied droit	4	50 %
Pied gauche	4	50 %

Dans notre série, dans les formes unilatérales (7 hémiplegiques) et une forme bilatérale (forme diplégique dont un côté a répondu aux injections de toxine botulique), la répartition selon le côté était identique de chaque côté.

### 6.3.2.2. Répartition en fonction de la latéralité

*Tableau 12: Répartition en fonction de la latéralité de l'atteinte*

	<b>Nombre (N= 34)</b>	<b>Pourcentage (100 %)</b>
<b>Atteinte unilatérale</b>	8	23,53 %
<b>Atteinte bilatérale</b>	26	76,47 %

### 6.3.2.3. Répartition selon le type de la paralysie cérébrale

97,05 % patients avaient une paralysie de type spastique, sauf un seul cas qui était dystonique.

*Tableau 13: Répartition selon le type de paralysie cérébrale*

	<b>Nombre (N= 34)</b>	<b>Pourcentage (100 %)</b>
<b>Spastique</b>	33	97,05 %
<b>Dystonique</b>	1	2,94 %
<b>Ataxique</b>	0	0 %

#### 6.3.2.4. Répartition selon la forme clinique de l'atteinte

Tableau 14: Répartition selon la forme clinique de l'atteinte

	Nombre (N= 34)	Pourcentage (100 %)
Diplégie	24	70,58 %
Hémiplégie	7	20,58 %
Quadriplégie	3	8,82 %

Parmi nos 34 malades, 24 (70,58%) étaient diplégiques avec atteinte des membres inférieurs. Par ailleurs, 07 (20,58%) étaient hémiplégiques et 03 (8,82%) quadriplégiques.

79,4 % de nos malades avaient une atteinte bilatérale des membres inférieurs.

#### 6.3.2.5. Répartition selon l'autonomie du patient

Tableau 15: Répartition selon l'autonomie

	Nombre (n=34)	Pourcentage (100 %)
GMF-CS I	16	47,05 %
GMF-CS II	12	35,29 %
GMF-CS III	3	8,82 %
GMF-CS IV	3	8,82 %
GMF-CS V	0	0 %

Les enfants marchants soit de façon autonome soit avec aide (GMFCS I, II et III) représentaient 94,1 % de nos malades.

**6.3.2.6. Répartition des patients selon la forme de la paralysie cérébrale et le GMF-CS**

*Tableau 16: répartition des patients selon la forme de la paralysie cérébrale et le GMF-CS*

	Diplégie		Hémiplégie		Quadriplégie	
	Nombre (N= 24)	Pourc. (100%)	Nombre (N= 7)	Pourc. (100 %)	Nombre (N= 3)	Pourc. (100 %)
<b>GMF-CS 1</b>	9	37,5 %	7	100 %	0	0 %
<b>GMF-CS 2</b>	12	50 %	0	0 %	0	0 %
<b>GMF-CS 3</b>	2	8,33 %	0	0 %	2	66,66 %
<b>GMF-CS 4</b>	1	4,16 %	0	0 %	1	33,33 %

Dans notre série, 100 % des patients hémiplégiques sont classés GMF-CS I, donc ils possèdent une autonomie parfaite de marche.

Les enfants quadriplégiques sont répartis entre GMF-CS III et GMF-CS IV, ils nécessitent dans tous les cas une aide soit d'une tierce personne soit d'un déambulateur.

Pour les patients diplégiques, 61,76 % sont totalement autonomes soit GMF-CS I et GMF-CS II.

**6.3.2.7. Répartition selon le schéma de marche chez le paralysé cérébral**

Pour répartir nos patients selon le schéma de marche, nous avons utilisé les classifications en fonction des formes topographiques :

- Dans la forme hémiplégique, présente chez 7 patients, nous avons utilisé la classification de winter (tableau n°: 17)

Tableau 17 : Répartition selon le schéma de marche chez l'hémiplégique

	Nombre (N= 7)	Pourcentage (100 %)
<b>Winter 1</b> : foot drop	0	0 %
<b>Winter 2</b> : true equinus	5	71,42 %
<b>Winter 3</b> : true equinus + knee flexion at initial and terminal stance	1	14,28 %
<b>Winter 4</b> : true equinus + knee flexion	1	14,28 %
<b>Winter 5</b> : pelvic rotation+hip flexion+hip adduction+hip internal rotation>true equinus+knee flexion	0	0 %

- Dans les formes diplégiques et quadriplégiques dont l'expression clinique était un pied équin, 3 avaient une forme asymétrique soit Rodda 5, 12 cas Rodda 2 et 12 cas Rodda 1 des deux côtés (tableau n°18).

Tableau 18: Répartition selon le schéma de marche du diplégique

	Nombre (N= 27)	Pourcentage (100%)
<b>Rodda 1</b> : true equinus	12	44,44 %
<b>Rodda 2</b> : jump knee	12	44,44 %
<b>Rodda 3</b> : apparent equinus	0	0 %
<b>Rodda 4</b> : crouch gait	0	0 %
<b>Rodda 5</b> : asymétrique	3	11,11 %

**6.3.2.8. Répartition du schéma de marche selon l'autonomie (GMF-CS) chez le paralysé cérébral**

*Tableau 19: Répartition du schéma de marche de l'hémiplégique en fonction de l'autonomie de marche*

	<b>Drop foot (N= 0)</b>	<b>True équinus (N = 5)</b>	<b>True équinus/ Recurvatum knee (N = 1)</b>	<b>Triple flexion (N= 1)</b>	<b>Total (N= 7)</b>
<b>GMF-CS I</b>	0	5	1	1	7
<b>GMF-CS II</b>	0	0	0	0	0
<b>GMF-CS III</b>	0	0	0	0	0
<b>GMF-CS IV</b>	0	0	0	0	0

Tous nos patients hémiplégiques sont classés GMF-CS I, cette autonomie est en rapport avec un membre controlatéral qui est sain.

*Tableau 20: Répartition du schéma de marche du diplégique en fonction de l'autonomie de marche*

	<b>True équinus (N= 12)</b>	<b>True équinus/ Jump knee (N= 2)</b>	<b>Apparent équinus (N= 0)</b>	<b>Crouch gait (N= 0)</b>	<b>Asymétrique (N= 3)</b>	<b>Total (N= 27)</b>
<b>GMFCS I</b>	5	3	0	0	1	9
<b>GMFCS II</b>	6	4	0	0	2	12
<b>GMFCS III</b>	1	3	0	0	0	4
<b>GMFCS IV</b>	0	2	0	0	0	2
<b>Total</b>	12	12	0	0	3	27

Dans notre série 77,77% des formes bilatérales avaient une autonomie de marche (GMF-CS I et II), ils correspondent essentiellement au true équinus et true équinus/jump knee pour 18 patients soit 66,66% des cas.

#### 6.3.2.9. Analyse des résultats du pied l'équin

L'analyse du pied équin en préopératoire a été faite de telle sorte à pouvoir :

- Poser la bonne indication chirurgicale du type d'intervention à effectuer pour corriger cet équinisme.
- Pouvoir évaluer et comparer les résultats en postopératoire par rapport à la variante du pied équin en préopératoire.

##### 6.3.2.9.1. Répartition en fonction de l'angle de flexion dorsale de la cheville

Dans notre série, les pieds ont été analysés et classés en fonction du degré de sévérité de l'équin et du degré de sa réductibilité.

Ils ont été classés en deux groupes (60) :

- **1<sup>er</sup> groupe** : les pieds dont la flexion dorsale était  $< -20^\circ$  (exemple :  $-30^\circ$ ,  $-40^\circ$ ,...)
- **2<sup>ème</sup> groupe** : les pieds dont la flexion dorsale était entre  $-20^\circ$  et  $0^\circ$  (exemple :  $-10^\circ$ ,  $-5^\circ$ ,...)

Tableau 21: Répartition en fonction de l'angle de flexion dorsale de la cheville

	Nombre (N=60)	Pourcentage (100 %)
1er groupe : < -20°	28	46,66%
2ème groupe : ≥ -20° et < 0°	32	53,33%

La répartition selon le test de Silverskiold nous a permis de répartir notre série en deux groupes (tableau 22):

- **1<sup>er</sup> groupe** : Silverskiold positif quand l'équin se réduit à la mise en flexion du genou, expliquant l'implication des muscles gastrocnémiens dans l'équin
- **2<sup>ème</sup> groupe** : un Silverskiold négatif quand l'équin ne se réduit pas à la mise en flexion du genou expliquant la rétraction du soléus ou tout le triceps sural.

Tableau 22: Répartition selon le test de Silfverskiold

	Nombre de pieds (N= 60)	Pourcentage (100 %)
1er groupe : Silfverskiold positif	56	93,33 %
2ème groupe : Silfverskiold négatif	4	6,66%

#### 6.3.2.10. Répartition selon le type des atteintes associées

Chez nos patients 17 présentaient des pieds équins isolés sans aucune atteinte associée, ceci représentait 28,33 % , ils sont représentés sur le tableau n° 23 :

Tableau 23: Répartition selon le type des atteintes associées

	Nombre (N= 60)	Pourcentage (100 %)
<b>Pied équin isolé</b>	17	28,33 %
<b>Pied équin+atteintes associées</b>	43	71,66 %

Chez les autres patients, le pied équin était associé à un nombre variable d'atteintes associées que l'on peut diviser en deux groupes :

- 1<sup>er</sup> groupe : les atteintes influençant l'équin
  - Flessum de la hanche
  - Flessum de hanche + rotation pelvienne
  - L'adduction de la hanche
  - Flessum du genou
- 1<sup>er</sup> groupe : Les atteintes associées influençant l'équinisme du pied

Tableau 24: Répartition des atteintes associées influençant l'équin

	Nombre	Pourcentage
<b>Flessum de hanche</b>	19	31,66%
<b>Flessum de hanche+inclinaison pelvienne sup à 20°</b>	2	3,33%
<b>Adduction de hanche</b>	11	18,33%
<b>Flessum du genou</b>	31	51,66%
<b>Inégalité de longueur des membres inférieurs</b>	2	3,33%

Chez nos patients, l'atteinte associée influençant l'équin la plus fréquemment associée à l'équinisme du pied était le flessum du genou, (présent dans 51,66 % du total des membres atteints), suivi par le flessum de la hanche (dans 31,66% des cas).

6.3.2.10.1. Répartition de la limitation de l'abduction de la hanche en fonction de la forme de la paralysie cérébrale

Tableau 25: Répartition de la limitation d'abduction de la hanche en fonction de la forme de la paralysie cérébrale

	Nombre (N=11)	Pourcentage (100 %)
Hémiplégie	0	0 %
Diplégie	9	81,81 %
Quadriplégie	2	18,18 %

La limitation de l'abduction de la hanche était présente chez 100% des cas de forme bilatérale de la paralysie cérébrale.

6.3.2.10.2. Répartition selon la sévérité du flessum du genou

Tableau 26: Répartition selon l'angle poplité

	Nombre (n= 61)	Pourcentage (100 %)
> 50°	23	37,70 %
Entre 30° et 50°	8	13,11 %
< 30°	30	49,18 %

37,70% des membres présentaient un flessum du genou sévère avec un angle poplité supérieur à 50°, et 13,11% un flessum du genou modéré. Le flessum du genou était absent dans 49,18% des cas.



Figure 69: flessum du genou (iconographie personnelle)

- 2<sup>ème</sup> groupe : les atteintes associées n'influençant pas l'équinisme du pied

Tableau 27: Répartition selon les atteintes associées n'influençant pas l'équinisme du pied

Atteintes associées	Nombre	Pourcentage
Patella alta	07	11,66%
Cavo-varus	09	15%
Planovalgus	19	31,66%
Hallux valgus	21	35%
Rotation fémorale	02	3,33%
Exorotation tibiale sup à 20°	05	8,33%

Pour les atteintes associées n'influençant pas l'équinisme du pied, l'hallux valgus étant l'atteinte la plus fréquente rencontrée dans 35% des cas, suivie du planovalgus (chez 31,66% des cas) de nos patients.

#### 6.3.2.10.3. L'antéversion fémorale

Une antéversion fémorale était présente de façon bilatérale soit 2 membres chez une patiente quadriplégique âgée de 11 ans.

Tableau 28: Répartition selon l'antéversion fémorale

	Nombre (N= 60)	Pourcentage (100 %)
Angle d'antéversion fémorale sup à 15°	2	3,33 %
Angle d'antéversion fémorale inf à 15°	58	96,66 %

6.3.2.10.4. La patella alta

Tableau 29: Répartition selon l'ascension de la rotule

	Nombre (N= 60)	Pourcentage (100 %)
Indice de Caton 0,8-1,2	53	88,33 %
Indice de Caton sup. à 1,2	7	11,66 %

La patella alta était présente chez 11,66 % de nos malades.

6.3.2.10.5. La patella alta selon la forme de la paralysie cérébrale

Tableau 30: Répartition de la patella alta selon la forme clinique de la paralysie cérébrale

Patella alta			
Forme de PC	Nombre de patients (N= 34)	Nombre de membres atteints (N= 7)	Pourcentage (100 %)
Hémiplégie	7	1	14,28%
Diplégie	24	4	16,66%
Quadriplégie	3	2	66,66%

La patella alta a été retrouvée chez 66,66% de nos patients quadriplégiques et 16,66% des enfants diplégiques.

6.3.2.10.6. La patella alta selon le GMF-CS

Tableau 31: Répartition des patella alta selon le GMF-CS

Patella alta		
GM-FCS	Nombre (N= 7)	Pourcentage (100 %)
GMF-CS I	5	31,25 %
GMF-CS II	0	0 %
GMF-CS III	2	66,66 %
GMF-CS IV	0	0 %

La patella alta a été retrouvée dans 66,66% des cas de patients GMF-CS III.

6.3.2.10.7. L'excès de rotation externe du segment jambier

5 exorotations tibiales sont retrouvées , soit 8,33% des cas

Tableau 32: Répartition selon l'excès de rotation externe du segment jambier

	Nombre (N= 60)	Pourcentage (100 %)
Rotation tibiale inf à 20°	55	91,66 %
Rotation tibiale sup à 20°	5	8,33 %

6.3.2.10.8. *Excès de rotation tibiale externe selon la forme clinique de la paralysie cérébrale*

l'excès de rotation tibiale externe dans notre série était présente chez 42,85 % des cas hémiparalysés et chez 33,33 % des cas quadriparalysés.

*Tableau 33: Répartition selon l'excès de rotation tibiale externe selon la forme clinique de la paralysie cérébrale*

	<b>Nombre (N=5)</b>	<b>Pourcentage (100%)</b>
<b>Hémiparésie</b>	3	42,85 %
<b>Diparésie</b>	1	4,16 %
<b>Quadriparésie</b>	1	33,33 %

6.3.2.10.9. *Répartition selon la sévérité du covo varus*

9 pieds présentaient un covo varus, 55,55 % des cas étaient des pieds covo varus sévères.

*Tableau 34: Répartition du pied covo varus selon la sévérité*

	<b>Nombre (N= 9)</b>	<b>Pourcentage (100 %)</b>
<b>Angle de Meary 0-15°</b>	4	44,44 %
<b>Angle de Meary 15-20°</b>	3	33,33 %
<b>Angle de Meary sup à 20°</b>	2	22,22 %

6.3.2.10.10. Le cavo-varus selon la forme de la paralysie cérébrale

Le cavo-varus a été associée chez l'hémiplégique dans 71,42% des cas.

Tableau 35: Répartition des pieds cavo-varus selon la forme clinique de la paralysie cérébrale

<b>Cavo-varus</b>			
<b>Forme de PC</b>	<b>Nombre de patients (N= 34)</b>	<b>Nombre de pieds atteints (N= 9)</b>	<b>Pourcentage</b>
Hémiplégie	7	5	71,42 %
Diplégie	24	4	16,66 %
Quadriplégie	3	0	0 %

6.3.2.10.11. Le plano-valgus selon l'autonomie de la marche

Tableau 36: Répartition du pied plano-valgus selon l'autonomie de la marche

<b>Plano-valgus</b>		
<b>GMF-CS</b>	<b>Nombre de pieds atteints (N= 19)</b>	<b>Pourcentage</b>
GMF-CS I	6	31,57 %
GMF-CS II	8	42,10 %
GMF-CS III	3	15,78 %
GMF-CS IV	2	10,52 %

6.3.2.10.12. Le plano-valgus selon la forme de la paralysie cérébrale

Dans notre série, le plano-valgus était présent chez le diplégique dans 75% des cas, puis les quadriplégiques dans 33,33% des cas.

Tableau 37: Répartition des pieds plano-valgus selon la forme clinique de la paralysie cérébrale

Plano-valgus			
Forme de PC	Nombre de patients (N= 34)	Nombre de pieds atteints (N= 19)	Pourcentage
Hémiplégie	7	0	0%
Diplégie	24	18	75%
Quadriplégie	3	1	33,33%

6.3.2.10.13. L'hallux valgus selon la forme de la paralysie cérébrale

Tableau 38: Répartition de l'hallux valgus selon la forme de la paralysie cérébrale

Hallux valgus			
Forme de PC	Nombre de patients (N= 34)	Nombre de pieds atteints (N= 22)	Pourcentage
Hémiplégie	7	1	14,28%
Diplégie	24	19	79,16%
Quadriplégie	3	2	66,66%

L'hallux valgus était présent en prédominance chez le diplégique et le quadriplégique respectivement dans 79,16% et 66,66% des cas.

## ***Traitement***

### 6.3.3. TRAITEMENT

#### 6.3.3.1. Répartition selon le lieu de l'intervention chirurgicale

Les patients opérés à Oran, l'indication opératoire a été posées lors d'une consultation pluridisciplinaire en présence du chirurgien d'orthopédie pédiatrique, du médecins spécialiste en médecine physique et réadaptation, du kinésithérapeute et en présence des parents de l'enfant.

A Tlemcen, les patients ont été opérés après une concertation avec le médecin spécialiste en médecine physique et réadaptation.

*Tableau 39: Répartition selon le lieu de l'intervention*

	<b>Nombre (N= 34)</b>	<b>Pourcentage (100 %)</b>
<b>EHS Canastel Oran</b>	20	58,82%
<b>EHS Tlemcen</b>	14	41,17%
<b>TOTAL</b>	34	100%

#### 6.3.3.2. Répartition selon les indications thérapeutiques

Tous nos patients ont bénéficié au préalable d'un traitement médical (kinésithérapie et rééducation) et médicamenteux de la spasticité (cures de toxine botulique) ; après ce n'est qu'au stade de rétractions musculo-tendineuses et de déformations osseuses que le patient a consulté chez nous.

Tous les enfants orientés chez nous ont été opérés, soit les 100% et ceci dans le but de corriger les différentes déformations du membre inférieur, et de rétablir les paramètres d'une marche normale selon GAGE (103).

L'analyse des indications thérapeutiques ont été divisé en deux volets :

- Traitement chirurgical de l'équinisme
- Traitement chirurgical des atteintes associées pour aboutir à un schéma de marche le plus proche de la normale.

### 6.3.3.3. Répartition selon le geste chirurgical réalisé pour traiter l'équinisme du pied

*Tableau 40: Répartition selon la technique chirurgicale*

Gestes chirurgicaux	Nombre (N= 60)	Pourcentage (100 %)
Allongement gastrocnémus-soléus selon Vulpius	30	50%
Allongement des gastrocnémiens selon Baker	26	43,33%
Hémisection triple du tendon d'Achille (Hoke)	2	3,33%
Allongement type Baker + allongement en Z du tendon d'Achille	2	3,33%

Nous avons réalisé une récession aponévrotique intramusculaire des gastrocnémiens selon Baker dans 43,33% des cas, et une récession aponévrotique intramusculaire des gastrocnémiens-solaires selon Vulpius dans 50% des cas. Une hémisection triple du tendon d'Achille selon Hoke a été réalisée dans 3,33 % des cas, et 3,33% des pieds équins ont bénéficié d'un allongement type Baker associé à un allongement en Z du tendon d'Achille.

6.3.3.4. Répartition des techniques chirurgicales pour la correction de l'équin en fonction des données cliniques

Tableau 41: Répartition selon les gestes chirurgicaux pour la correction de l'équinisme du pied

Angle de dorsiflexion	Silverskiold	Geste chirurgical	Nombre de pieds (N= 60)	Pourcentage (100 %)
<b>Equin &lt; -20°</b>	Négatif	Hémisection triple du tendon d'Achille (Hoke)	2	3,33%
	Positif	Allongement des gastrocnémiens selon Baker	26	43,33%
<b>Equin ≥ -20°</b>	Négatif	Allongement selon Baker + allongement en Z du TA	2	3,33%
	Positif	Allongement gastrocnémio-soléus selon Vulpis	30	50%

Nous avons réalisé une récession aponévrotique intramusculaire des gastrocnémiens selon Baker pour 26 pieds en équin fixe isolé dont l'angle tibio-astragalien était ( $< -20^\circ$ ), soit 43,33 %, dont la flexion plantaire de la cheville avec genou étendu se corrige à la position neutre lors de la flexion du genou (Silfverskiold +).

Nous avons réalisé une récession aponévrotique intramusculaire des gastrocnémiens-solaires selon Vulpius pour 30 pieds en équin fixe isolé dont l'angle tibio-astragalien était supérieur ou égal ( $\geq -20^\circ$ ), soit 50 % des cas, dont la flexion plantaire de la cheville se corrige à la mise en flexion du genou (Silfverskiold +).

Nous avons réalisé une hémisection triple du tendon d'Achille selon Hoke pour 2 pied soit 3,33 %, il s'agissait d'un pied équin fixe avec un angle tibio-astragalien inférieur à  $-20^\circ$  et qui ne se réduisait pas à la mise en flexion du genou (Silfverskiold -).

2 pieds équins ont bénéficié d'un allongement type Baker associé à un allongement en Z du tendon d'Achille (un enfant diplégique et l'autre hémiplegique). Chez ces 2 enfants, il y avait la notion d'un échec à un allongement isolé du tendon d'Achille.

**6.3.3.5. Répartition selon le geste chirurgical réalisé pour traiter les atteintes associées**

*Tableau 42: Répartition selon le geste chirurgical réalisé pour traiter les atteintes associées*

Déformation associée	Gestes chirurgicaux	Nombre	Pourcentage
	Ténotomie du psoas	2	3,33%
<b>Flessum de la hanche</b>	Ténotomie proximale du droit fémoral	19	31,66%
	Ténotomie distale du droit fémoral	7	11,66 %
<b>Adductus de la hanche</b>	Ténotomie des adducteurs	11	18,33%
<b>Flessum du genou</b>	Ténotomie des ischiojambiers internes	31	51,66%
	Abaissement de la rotule	7	11,66%
<b>Cavo varus</b>	Aponévrotomie plantaire	5	8,33%
<b>Plano valgus</b>	Intervention du cavalier armé	2	3,33%
<b>Excès d'antéversion fémorale</b>	Ostéotomie de dérotation fémorale	2	3,33%
<b>Excès de rotation externe du tibia</b>	Ostéotomie de dérotation interne du tibia	5	8,33%

19 de nos malades avaient un pied plat valgus, ils ont tous bénéficié d'une rééducation motrice et d'un traitement orthopédique fait de semelles orthopédiques et des orthèses, 2 de ces enfants n'ont pas répondu à ce traitement, leur valgus était irréductible donc ils ont présenté une intolérance aux orthèses qui s'est manifestée par des douleurs. Ces enfants ont été orientés pour un traitement chirurgical.



Figure 70: pied plano-valgus avec hallux valgus (iconographie personnelle)

Nos 2 malades ont bénéficié d'un traitement chirurgical selon la technique de Cavalier.

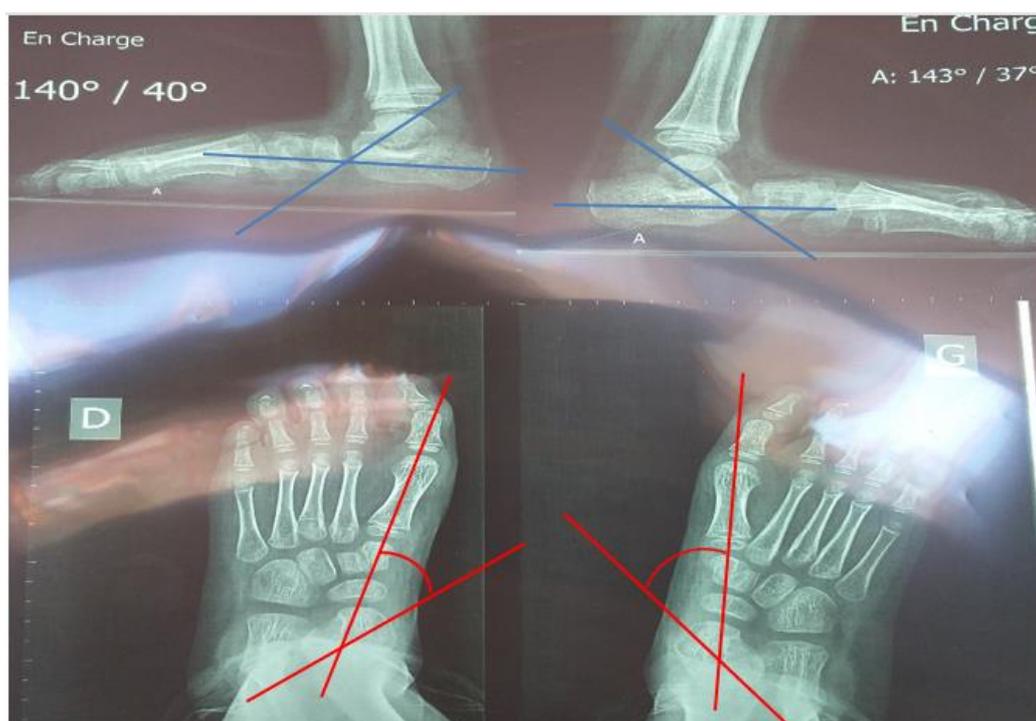


Figure 71: divergence astragalo-calcaneenne et astragale-M1 (iconographie personnelle)

Dans notre série, 22 patients, soit 64,7 % ont bénéficié d'une chirurgie multisite en un seul temps.

#### **6.3.4. Répartition selon les résultats post opératoires**

##### **6.3.4.1. Répartition selon la correction de l'équinisme du pied**

Nous avons évalué la réductibilité de l'équin en postopératoire immédiat lors de l'ablation des appareillages plâtrés en respectant les mêmes catégories utilisées en préopératoire .

L'évaluation s'est faite en analysant la réductibilité de l'équin en calculant l'angle de dorsiflexion de la cheville.

Nous avons obtenu dans 96,9 % des cas une correction complète de l'équinisme du pied en post opératoire par rapport à l'état initial (en préopératoire), en obtenant une flexion dorsale de la cheville variable de 5° à 20°, cela correspond à une amélioration significative ( $p=0,001$ ) pour chaque côté et un gain maintenu jusqu' à 3 mois (tableau n° 43), alors que 2 pieds d'un patient présentant une quadriplégie nous avons obtenu qu'une correction partielle de l'équin passant de -35° à -5°.

Sur les 60 pieds équins admis, 91,7 % de pieds équins ont conservé cette amélioration qui est restée significative ( $p= 0,0001$ ) à 6 mois (tableau n° 44).

5 pieds ont récidivé à 6 mois post-opératoire.

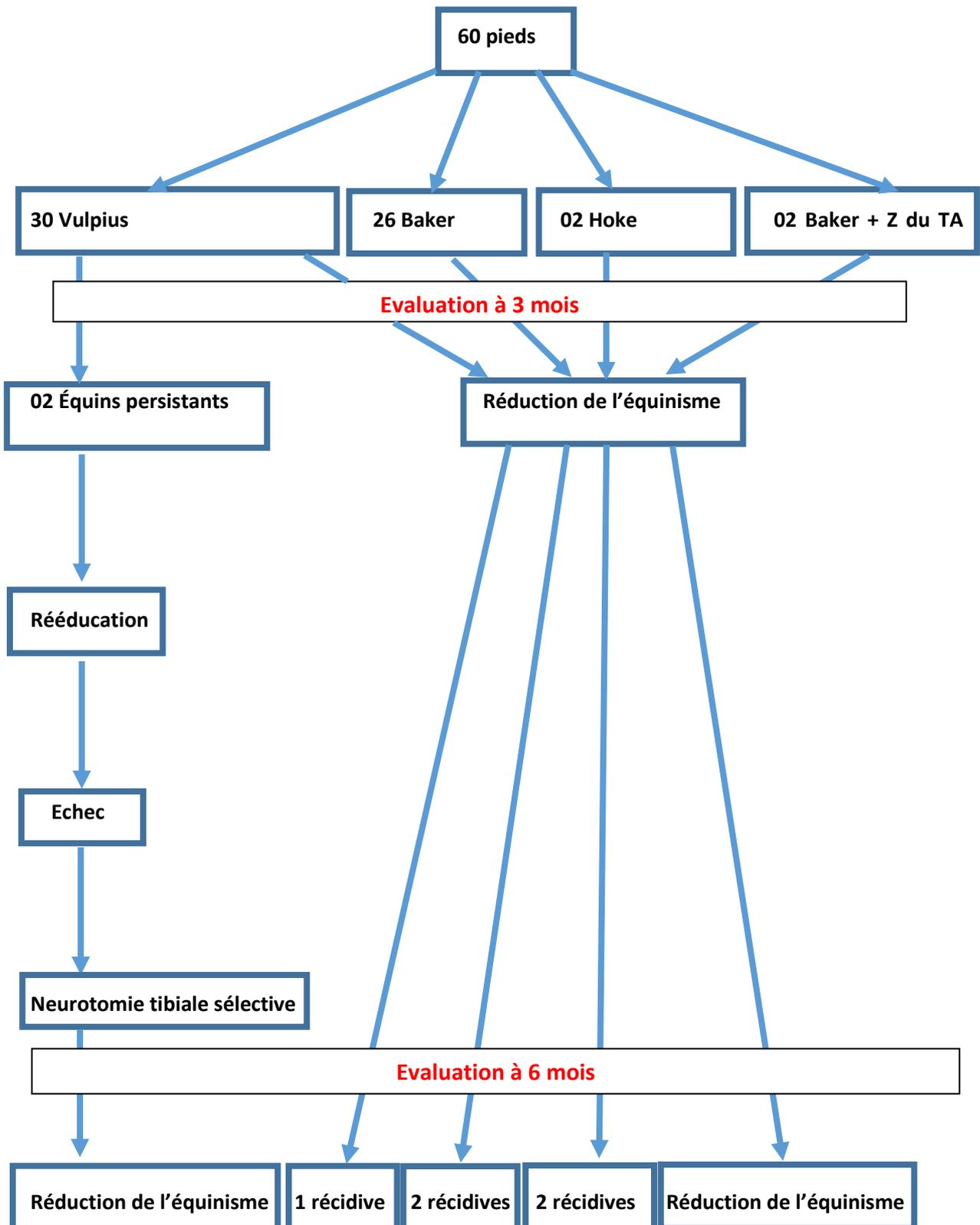


Tableau 43: Répartition selon la flexion dorsale de la cheville à 3 mois post-opératoire

	Pré-op	Post-op (3 mois)	p
<b>Pieds équins drt (n=31)</b>	Equin : 31 (100%) Pas d'équin : (0%)	Equin : 1 (3,2%) Pas d'équin : 30 (96,8%)	0,0001
<b>Pieds équins gche (n=29)</b>	Equin : 29 (100%) Pas d'équin : 0 (0%)	Equin : 1 (3%) Pas d'équin : 28 (97%)	0,0001

P : seuil de signification de la variable

Chez un de nos patients, quadriplégique sévère, présentant un pied équin bilatéral sévère, a été opéré des deux côtés en un seul temps opératoire, et a bénéficié d'une aponévrotomie type Vulpius. Ce patient a présenté un échec au traitement chirurgical avec une amélioration de l'équin sans correction complète de la flexion dorsale de la cheville.

Pour ce patient, il s'est avéré qu'il y avait une spasticité importante (TARDIEU 3) en préopératoire associée à une rétraction du triceps sural, rebelle au traitement par injections de toxine botulique.

Le patient a été ré adressé en postopératoire au service de médecine physique et réadaptation pour une autre cure d'injections de toxine botulique.

Cette prise en charge au niveau du service de médecine physique et réadaptation n'a pas obtenu le gain attendu, d'où la décision lors de la consultation pluridisciplinaire de réaliser chez lui une neurotomie tibiale sélective.

Après la neurotomie tibiale sélective, l'équin a disparu et on a obtenu en post opératoire immédiat un appui plantigrade sans spasticité.

Tableau 44: Répartition selon la flexion dorsale de la cheville à 6 mois post-opératoire

	Pré-op	Post-op (6 mois)	p
<b>Pieds équins drt (n=31)</b>	Equin : 31 (100%) Pas d'équin : 0 (0%)	Equin : 3 (9,67%) Pas d'équin : 28 (90,32%)	0,0001
<b>Pieds équins gche (n=29)</b>	Equin : 29 (100%) Pas d'équin : 0 (0%)	Equin : 2 (6,89%) Pas d'équin : 28 (93,1%)	0,0001

#### 6.3.4.2. Evaluation du traitement des atteintes associées à l'équinisme du pied

##### 6.3.4.2.1. Traitement des atteintes associées influençant l'équinisme du pied

En fait, les déformations associée qui ont été évaluée, sont celles qui ont une répercussion sur la marche de l'enfant en induisant ou en accentuant l'équin :

- Flessum de la hanche
- Flessum de la hanche+rotation pelvienne
- L'adduction de la hanche
- Flessum du genou

Dans notre série, les 2 inégalités de longueur des membres inférieurs ont été retrouvées chez des patients présentant une hémiplégie, ces inégalités ont été corrigées avec des semelles totales sur toute la longueur du pied en fin de traitement.

Dans une étude marocaine (Lahrache A. 2009 (54) ) réalisée sur 100 pieds plats paralytiques chez le paralysé cérébral, on retrouve 8 inégalités de longueur des membres inférieurs, tous chez des hémiplégiques.

#### 6.3.4.2.1.1. *Evaluation du traitement du flessum de la hanche*

Le flessum de la hanche a été évalué en préopératoire par l'Ely test.

Tous nos patients présentant un flessum de la hanche ont par conséquent un Ely test positif.

Le traitement chirurgical de ce flessum a consisté en une ténotomie du tendon droit fémoral en proximal ou une ténotomie du droit fémoral en distal quand l'indication d'un abaissement de rotule était posée dans le même temps opératoire associée dans 2 cas à une ténotomie du psoas.

Le traitement chirurgical du flessum de la hanche a été jugé bon quand l'Ely test est devenu négatif.

Les résultats sont mentionnés dans le tableau n° 45 :

Tableau 45: Evaluation du traitement du flessum de la hanche

	Pré-op	Post-op (3 mois)	Post-op (6mois)	<i>p</i>
<b>Flessum drt (n=8)</b>	Flessum: 8 (26,7%) Pas de flessum: 22 (73,3%)	Flessum: 0 (0%) Pas de flessum: 30 (100%)	Flessum: 0 (0%) Pas de flessum: 30 (100%)	0,0007
<b>Flessum gche (n=11)</b>	Flessum: 11 (32,4%) Pas flessum: 19 (67,6%)	Flessum: 0 (0%) Pas de flessum: 30 (100%)	Flessum: 0 (0%) Pas de flessum: 30 (100%)	0,000

Notre série avait colligé à l'admission 28 hanches normales dont 19 hanches sont en flessum par rétraction du rectus femoris avec un Ely-test positif, ces patients ont tous bénéficié d'une ténotomie du rectus femoris.

L'évaluation faite à 3 mois a montré que l'ensemble des enfants avec un flessum de hanche par rétraction du droit fémoral ont retrouvé une hanche normale avec un Ely-test négatif, cette correction s'est maintenue jusqu'à 6 mois en post-opératoire (tableau n° 45).

#### 6.3.4.2.1.2. Evaluation du traitement de l'antéversion pelvienne

2 hanches de notre série ont bénéficié d'une ténotomie du psoas pour corriger une antéversion pelvienne supérieure à 20°.

L'évaluation des résultats de la ténotomie du psoas a été faite sur la TDM.

Nous avons obtenu une correction de cette antéversion pelvienne dans 100 % des cas (tableau n° 46).

Tableau 46: Evaluation du traitement de l'antéversion pelvienne

	Pré-op	Post-op (3 mois)	Post-op (6mois)	<i>p</i>
<b>Antéversion pelvienne (n=2)</b>	antéversion: 2 (3,33%) Pas d'antéversion: 58 (96,66%)	antéversion: 0(0%) Pas d'antéversion: 60 (100%)	antéversion: 0 (0%) Pas d'antéversion: 60 (100%)	0,47

6.3.4.2.1.3. Evaluation du traitement de l'adduction de la hanche

les 11 hanches de notre série que nous avons opéré pour rétraction des adducteurs avaient une abduction inférieure à 20° en préopératoire.

L'évaluation des résultats de la ténotomie des adducteurs a été faite en calculant les angles du volet d'abduction de la hanche en postopératoire immédiat.

Nous avons obtenu une abduction supérieure à 40° pour 7 hanches (63,63% des cas), et pour les 4 autres enfants (36,36% des cas) nous avons obtenu une abduction comprise entre 20° et 40° et qui était acceptable.

L'évaluation faite à 3 mois a montré que l'ensemble des enfants avec une limitation de l'abduction de la hanche par rétraction des adducteurs ont retrouvé une hanche avec un volet d'abduction normal, cette correction s'est maintenue jusqu'à 6 mois en postopératoire (p= 0,001) (tableau n° 47).

Tableau 47: Résultats postopératoires du traitement de l'adduction de la hanche

	Pré-op	Post-op (3 mois)	Post-op (6mois)	<i>p</i>
<b>Limitation de l'abduction (n=11)</b>	adduction: 11 (18,3%) Pas d'adduction: 49 (81,6%)	adduction: 0 (0%) Pas d'adduction: 60 (100%)	adduction: 0 (0%) Pas d'adduction: 60 (100%)	0,001

6.3.4.2.1.4. *Evaluation de la ténotomie des adducteurs selon l'âge d'intervention*

*Tableau 48: Ténotomie des adducteurs en fonction de l'âge*

	<b>Nombre (N= 11)</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>6 ans</b>	4	36,36 %
<b>7 ans</b>	2	18,18 %
<b>8 ans</b>	4	36,36 %
<b>9 ans</b>	1	9,09 %

6.3.4.2.1.5. *Evaluation du flessum du genou après la ténotomie des ischio jambiers*

L'état orthopédique des genoux de nos patients à l'admission était comme suit : 31 genoux étaient en flessum par rétraction des ischio-jambiers avec un angle poplité supérieur à 50°; l'évaluation à 3 mois puis à 6 mois a montré que les 31 genoux (100%) se sont corrigés totalement avec un angle poplité supérieur à 30°,  $p$  (0,000) (tableau n°49).

*Tableau 49: Evaluation du flessum du genou après la ténotomie des ischio jambiers*

	<b>Pré-op</b>	<b>Post-op (3 mois)</b>	<b>Post-op (6mois)</b>	<b><math>p</math></b>
<b>Flessum du genou (n=31)</b>	flessum: 31 (51,66%)  Pas de flessum: 29 (48,34%)	flessum: 0 (0%)  Pas de flessum: 60 (100%)	flessum: 0 (0%)  Pas de flessum: 60 (100%)	<b>0,0000</b>

6.3.4.2.2. *Evaluation du traitement des atteintes associées n'influençant pas l'équinisme du pied*

6.3.4.2.2.1. *Evaluation du traitement de l'antéversion fémorale*

Dans notre série, 2 patients avaient une antéversion fémorale, ils ont bénéficié d'une ostéotomie de dérotation fémorale.

En post opératoire immédiat et à 3 mois l'angle d'antéversion s'est corrigé chez tous nos patients, cette correction s'est maintenue jusqu'à 6 mois en post-opératoire (tableau n° 50).

*Tableau 50: Evaluation de l'antéversion fémorale après ostéotomie de dérotation fémorale*

	<b>Pré-op</b>	<b>Post-op (3 mois)</b>	<b>Post-op (6mois)</b>	<b>p</b>
<b>Antéversion fémorale (n=2)</b>	antéversion: 2 (3,33%) Pas d'antéversion: 58 (96,66%)	antéversion: 0(0%) Pas d'antéversion: 60 (100%)	antéversion: 0 (0%) Pas d'antéversion: 60 (100%)	0,47

6.3.4.2.2.2. *Evaluation de l'abaissement de rotule*

Notre étude concernant le profil radiologique des genoux selon l'indice de Caton-Deschamps a montré que les 7 rotules qui avaient un IC pathologique (sup à 0,8) traduisant une patella alta s'est corrigé en post-opératoire immédiat après un abaissement chirurgical de la rotule, et est resté corrigé à 3 mois et à 6 mois ( $p= 0,01$ ) (tableau n° 51).

Tableau 51: Evaluation de l'abaissement de rotule

	Pré-op	Post-op (3 mois)	Post-op (6mois)	<i>p</i>
<b>Ascension de la rotule (n=7)</b>	Patella alta : 7 (11,66%)  Normale : 53 (88,34%)	Patella alta : 0 (0%)  Normale : 60 (100%)	Patella alta : 0 (0%)  Normale : 60 (100%)	0,01

6.3.4.2.2.3. Evaluation de l'ostéotomie d'endorotation du segment jambier

Dans notre série, 5 membres avaient un excès de rotation externe du segment jambier (> 25°), après traitement chirurgical par une ostéotomie d'endo rotation tibiale, cet angle s'est corrigé chez tous nos patients et l'est resté à 3 mois et à 6 mois en postopératoire (tableau n° 52).

Ces ostéotomies tibiales s'intégraient toutes dans une chirurgie multisite.

Tableau 52: Evaluation de l'endorotation du segment jambier

	Pré-op	Post-op (3 mois)	Post-op (6mois)	<i>p</i>
<b>Exorotation tibiale (n=5)</b>	Exorotation : 5 (8,33%)  Pas d'exorotation : 55 (91,67%)	Exorotation: 0 (0%)  Pas d'exorotation: 60 (100%)	Exorotation: 0 (0%)  Pas d'exorotation: 60 (100%)	0,06



*Figure 72: radiographie de contrôle d'une ostéotomie de dérotation interne du segment jambier  
(iconographie personnelle)*

#### 6.3.4.2.2.4. Ostéotomie d'enrotation tibiale selon l'âge

Dans notre série, 60 % des ostéotomies d'enrotation tibiales ont été réalisées à partir de l'âge de 9 ans, et les 40 % ont été réalisées à l'âge de 8 ans (tableau n° 53).

La moyenne d'âge était de 10,2 ans.

*Tableau 53: Ostéotomie d'endorotation tibiale selon l'âge*

	<b>Nombre (N= 5)</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>6-8 ans</b>	2	40 %
<b>9-11 ans</b>	2	40 %
<b>12-14 ans</b>	1	20 %

6.3.4.2.2.5. *Evaluation du traitement du pied equino cavo varus*

Le traitement chirurgical du pied cavus dans notre série a fait partie d'une chirurgie multisite.

5 pieds cavo varus sévère ont été opérés, après libération des tissus mous, l'angle de Mery s'est corrigé à 100 % pour 2 pieds et s'est amélioré sans correction totale pour les 2 autres, cette correction s'est maintenue à 3 mois et à 6 mois post-opératoire (tableau n° 54).

*Tableau 54: Evaluation du traitement chirurgical du pied cavo varus*

	<b>Pré-op</b>	<b>Post-op (3 mois)</b>	<b>Post-op (6mois)</b>	<b>p</b>
<b>Cavo-varus (n=5)</b>	Cavo-varus : 5 (8,33%)  Pas de cavo-varus : 55 (91,67%)	Cavo-varus: 0 (0%)  Pas de cavo- varus: 60 (100%)	Cavo-varus: 0 (0%)  Pas de cavo- varus: 60 (100%)	0,06

6.3.4.2.2.6. *Traitement chirurgical du pied equino cavo varus selon l'âge*

L'âge moyen de chirurgie des tissus mous pour le pied equino cavo varus est de 10,6 ans avec des extrêmes d'âge 8 ans et 14 ans (tableau n° 55).

*Tableau 55: Répartition des interventions chirurgicales du pied cavo varus selon l'âge*

	<b>Nombre (N= 5)</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>8 ans</b>	1	20 %
<b>9 ans</b>	1	20 %
<b>11 ans</b>	2	40 %
<b>14 ans</b>	1	20 %
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>100 %</b>

6.3.4.2.2.7. *Evaluation du traitement chirurgical du pied plano valgus*

Dans notre série 2 pieds plats ont été opérés (10,52 % des cas) et ont bénéficié d'une opération de Cavalier rentrant dans le cadre de la chirurgie multisite.

Ces pieds plats se sont corrigés en post opératoire à 3 mois et ont maintenu cette correction jusqu'à 6 mois (Tableau n° 56).

Tableau 56: Evaluation du traitement chirurgical du pied plano-valgus

	Pré-op	Post-op (3 mois)	Post-op (6mois)	<i>p</i>
<b>Plano-valgus (n=2)</b>	Plano-valgus : 2 (3,33%)  Pas de plano-valgus: 58 (96,67%)	Plano-valgus: 0 (0%)  Pas de plano-valgus: 60 (100%)	Plano-valgus: 0 (0%)  Pas de plano-valgus: 60 (100%)	0,47

Tous les patients opérés pour pied planovalgus ont eu une correction de l'angle de Meary, et de la divergence astragalo-calcaneenne (tableau n°57).

#### 6.3.4.3. Evaluation selon le schéma de la marche

Une bonne évaluation du schéma de la marche necessite la disponibilité d'un laboratoire de marche pour effectuer une analyse quantifiée de la marche.

A défaut de ce laboratoire nous avons effectué des vidéos préopératoires et postopératoires, de face et de profil pour chaque patient.

Nous avons analysé sur ces vidéos différents paramètres de la marche sagittale et frontale:

- L'appui plantigrade : analysé pour tous nos patients,
- La présence puis l'amélioration des atteintes associées suivantes en fonction de la classification clinique de l'analyse de la marche :
  - Flessum de la hanche
  - L'adduction de la hanche
  - Flessum du genou

La marche étant différente entre le patient porteur d'un pied équin unilatéral (hémiplégique) et le patient porteur d'un pied équin bilatéral (diplégique et quadriplégique), l'analyse de la marche s'est faite en suivant l'analyse du schéma de marche pour chaque type (Rodda et Graham pour le diplégique/quadriplégique et Winter pour l'hémiplégique).

Bien que l'analyse de la marche par vidéo ne soit pas quantitative mais elle nous a permis l'analyse séquentielle et répétée en s'aidant de séquences au ralenti de toutes les phases de la marche.

Nous avons utilisé sur un même écran et en simultané la projection des vidéos de marche en préopératoire et en postopératoire, ceci nous a permis de comparer puis de vérifier l'amélioration des déformations et donc du schéma de la marche en général.

Tous nos patients ont eu une amélioration de l'appui plantigrade sauf pour un patient quadriplégique chez qui on a obtenu une légère correction de l'équinisme des deux pieds.

#### **6.3.4.4. Evolution fonctionnelle selon le GMF-CS**

A l'admission, tous les enfants (34 patients) étaient marchants, avec des GMF-CS variables d'un enfant à un autre. À 6 mois post-opératoire, 2 enfants ont amélioré leur GMF-CS, passant de GMF-CS III à GMF-CS II, et un enfant est passé de GMF-CS IV à GMF-CS III, ce qui leur a permis d'avoir une meilleure autonomie qu'en préopératoire.

Le GMF-CS des 31 autres patients est resté le même.

**6.3.4.5. Rééducation postopératoire**

*6.3.4.5.1. La durée moyenne de la rééducation postopératoire en fonction de l'âge*

*Tableau 57: Durée moyenne de rééducation postopératoire en fonction de l'âge*

<b>Age de l'intervention</b>	<b>Durée moyenne de rééducation post op.</b>
6-8 ans	4,03 mois
9-11 ans	4,27 mois
12-14 ans	5,30 mois

Dans notre série, plus l'âge est avancée et plus la durée de la rééducation est allongée (tableau n° 57).

*6.3.4.5.2. Rééducation selon la forme de la paralysie cérébrale*

*Tableau 58: Durée moyenne de rééducation selon la forme de la paralysie cérébrale*

<b>Type d'atteinte</b>	<b>Durée moyenne de rééducation post op.</b>
Hémiplégie	3,10 mois
Diplégie	4,71 mois
Quadriplégie	5,21 mois

Chez nos patient, la durée de la rééducation post opératoire dépend de la forme de la paralysie cérébrale, la récupération est plus rapide chez l'hémiplégique avec une durée moyenne de 3,1 mois, alors qu'elle est plus longue chez le quadriplégique 5,21 mois (tableau n° 58).

#### 6.3.4.6. Injections de toxine botulique post opératoire

2 pieds de notre série pour qui le traitement chirurgical n'a pas obtenu une réduction complète avec un équin persistant entre -20° et 0° ont été orientés à la rééducation et ont bénéficié d'injection de toxine botulique.

#### 6.3.4.7. Evaluation postopératoire à court terme (3 mois)

Nous avons évalué tous nos patients à court terme dans un premier temps.

Le délai pris était de 3 mois après l'ablation de l'immobilisation plâtrée.

Durant ces 3 mois , le patient était suivi par un médecin rééducateur.

A court terme, aucun de nos patients n'a présenté de récidence ou de détérioration des résultats initiaux.

Un seul malade, diplégique sévère (hyperspasticité associée à une rétraction du triceps sural) qui, en post-opératoire a présenté une insuffisance de réduction de l'équinisme pour ses deux pieds.

Les résultats sont reportés sur le tableau ci-dessous (tableau n° 59):

*Tableau 59: Evaluation des résultats à court terme (3mois)*

	Pré-op	Post-op (3 mois)	p
<b>Pieds équins drt (n=31)</b>	Equin : 31 (100%) Pas d'équin : (0%)	Equin : 1 (3,2%) Pas d'équin : 30 (96,8%)	0,0001
<b>Pieds équins gche (n=29)</b>	Equin : 29 (100%) Pas d'équin : 0 (0%)	Equin : 1 (3%) Pas d'équin : 28 (97%)	0,0001

### 6.3.4.8. Evaluation à moyen terme (6 mois)

Tous nos patients ont été évalués avec un recul minimal de 6 mois (tableau n° 60).

Pour le patient diplégique avec l’hypertonie spastique des 2 pieds, l’équin a disparu immédiatement après la neurotomie tibiale sélective et nous avons obtenu au bout de 6 mois un appui plantigrade sans spasticité.

Tableau 60: Evaluation des résultats à moyen terme (6mois)

	Pré-op	Post-op (6 mois)	p
<b>Pieds équins drt (n=31)</b>	Equin : 31 (100%) Pas d’équin : 0 (0%)	Equin : 3 (9,67%) Pas d’équin : 28 (90,32%)	0,0001
<b>Pieds équins gche (n=29)</b>	Equin : 29 (100%) Pas d’équin : 0 (0%)	Equin : 2 (6,89%) Pas d’équin : 28 (93,1%)	0,0001

## 6.4. Complications

### 6.4.1. Complication pour notre chirurgie

Tableau 61: complications pour notre chirurgie

	Nombre (N= 8)	Pourcentage %
<b>Complication sous plâtre</b>	1	1,66%
<b>Echec au traitement</b>	2	3,33%
<b>Récidive de l’équinisme du pied</b>	5	8,33%

8,33% (soit 5 pieds équins) ont récidivé à 6 mois en postopératoire et 3,33% n'ont pas obtenu une réduction complète en post opératoire immédiat.

#### **6.4.1.1. Compression sous plâtre**

Un patient diplégique ayant bénéficié d'un allongement gastrocnémien-soléus bilatéral type Vulpius, a présenté en postopératoire immédiat une compression sous plâtre cruro-pédieux. Ce plâtre a été fendu en urgence. Quelques jours après, et après décompression de la région plâtrée, le plâtre a été remis.

#### **6.4.1.2. Echec du traitement**

Chez un de nos patients quadriplégique sévère, présentant un pied équin bilatéral sévère, opéré des deux côtés en un seul temps opératoire, et ayant bénéficié d'une aponévrotomie type Vulpius, il a présenté un échec au traitement chirurgical avec une amélioration de l'équin sans correction complète.

Pour ce patient, il s'est avéré qu'il y avait une spasticité importante (TARDIEU 3) en préopératoire, rebelle au traitement par injection de toxine botulique.

Le patient a été ré adressé en postopératoire au service de médecine physique et réadaptation pour une autre cure d'injections de toxine botulique.

Cette prise en charge au niveau du service de médecine physique et réadaptation n'a pas obtenu le gain attendu, d'où la décision pluridisciplinaire de réaliser chez lui une neurotomie sélective chirurgicale et le patient a été opéré.

#### **6.4.1.3. Récidive de l'équinisme du pied**

Dans notre série, sur les 60 pieds équins opérés, nous avons eu 5 récurrences de l'équinisme à moyen terme.

Il s'agit de patients opérés par des techniques différentes, à savoir :

- 2 pieds opérés par une triple hémisection du tendon d'Achille type HOKE.
- 1 pied par une aponévrotomie type Vulpius.
- 2 pieds par une aponévrotomie type Baker.

Le patient opéré par la technique de Baker a abandonné la rééducation postopératoire et le port d'orthèse au bout de 1 mois après l'ablation du plâtre cruro-pédieux.

Le patient opéré par la technique de Vulpius a été opéré à l'âge de 6 ans.

Quand aux patients opérés par la technique de HOKE, il a très bien suivi son protocole thérapeutique postopératoire à court et à moyen terme, et en fin d'évaluation l'équinisme du pied était tolérable, le patient a bénéficié d'une talonnette à l'intérieur de la chaussure.

#### **6.4.2. Complications communes à toute chirurgie**

Beaucoup de complications sont communes à toute la chirurgie orthopédique : hématomes, infections superficielles ou profondes, névromes superficiels et zones d'anesthésie à côté de la cicatrice, cicatrices sensibles ou hypertrophiques, nécroses cutanées, escarres, blessures vasculaires.

Dans notre série, nous n'avons eu aucune de ces complications.

## ***Discussion***

## 7. Discussion

La paralysie cérébrale est un ensemble de troubles neuromoteurs dus à des lésions précoces des régions cérébrales et des voies qui contrôlent les mouvements.

Les enfants atteints de paralysie cérébrale commencent en général à marcher sur la pointe des pieds, mais au fil du temps et suite à la croissance une démarche accroupie va au fur et à mesure s'installer, cette démarche est aggravée par un allongement isolé du triceps sural (tendon d'Achille).

L'équin est la déformation de la cheville la plus souvent retrouvée, une rétraction ou une contracture spastique du gastrocnémus donne une incapacité à garder le talon dans la chaussure, avec une marche sur la pointe des orteils (104).

### 7.1. Sur le plan épidémiologique

#### 7.1.1. Le sexe

Dans notre série, il y a une nette prédominance du sexe masculin avec un sexe ratio de 1,63. Ce résultat rejoint la tendance globale des résultats rapportés dans la littérature Wichers (105) et Tosun (106) qui rapportent respectivement un ratio de 1,3 et 1,4 .

Selon Johnston (107), cette prépondérance masculine reposerait sur l'existence d'importantes différences neurobiologiques neuroprotectrices entre les hommes et les femmes en ce qui concerne leur réaction aux lésions cérébrales, ceci à l'avantage du sexe féminin. Des études expérimentales sur des animaux adultes et des données provenant de patients adultes ayant subi un AVC indiquent que les œstrogènes offrent une protection contre les lésions hypoxiques-ischémiques, et que le cerveau néonatal est également influencé par ces hormones.

#### 7.1.2. L'âge de la chirurgie

Dans notre série, la moyenne d'âge des enfants opérés était de 8,76 ans lors de la période d'étude avec des extrêmes de 6 à 14 ans, les résultats de notre étude sont proches de la série tunisienne S. Dziri (108), où l'âge moyen était de 8,46 +/- 3,39 ans, et d'une série publiée par Ignacio Rehbein 2020 (109), l'âge moyen d'intervention était de 8,1 ans.

Tableau 62: répartition de la population d'étude selon l'âge de la chirurgie

Séries	Effectifs	Année	Âges moyen de PEC
S. Dziri (108)	102 patients	2016	8,46 ans
A. Lahreche (54)	100 patients	2009	6,5 ans
I. Rehbein (109)	249 patients	2020	8,1 an
<b>Notre série</b>	<b>34 patients</b>	<b>2020</b>	<b>8,76 ans</b>

Nous avons tenté par des plâtres, un appareillage adapté, une kinésithérapie bien conduite, et des injections de toxine botulique d'éviter ou de retarder le plus possible l'apparition des troubles secondaires et/ou tertiaires et ainsi réduisant ou retardant l'âge de la chirurgie orthopédique.

### 7.1.3. Selon l'origine géographique

36 % des patients arrivent d'un milieu rural dépourvu de structures sanitaires spécialisées, cette population éprouve des difficultés à accéder aux soins tel que la chirurgie et la rééducation postopératoire.

### 7.1.4. Selon les antécédents

La paralysie cérébrale est fréquente chez les nourrissons nés prématurément avec un petit poids à la naissance. Parmi les bébés nés pesant moins de 1500 g, le taux de paralysie cérébrale était plus de 70 fois plus élevé que ceux pesant 2500 g ou plus à la naissance (110).

En 2008, Clark SM (111) a étudié la prévalence de la paralysie cérébrale parmi les enfants prématurés, il en a déduit son augmentation en raison de l'amélioration des soins intensifs néonataux et les soins obstétricaux au cours des dernières décennies menant à une survie accrue des nourrissons prématurés.

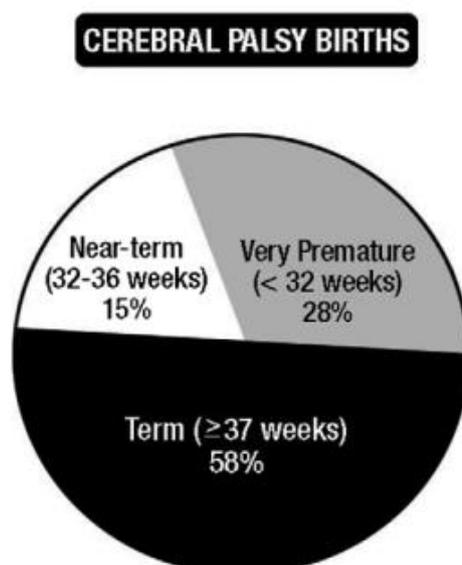


Figure 73: Proportion de la paralysie cérébrale et de toutes les naissances selon âge gestationnel (111)

Tableau 63: Les facteurs de risque de la paralysie cérébrale (112)

Factor	CP, No. (%)	Control, No. (%)
Faible poids de naissance	322 (50.9)	70 (7.5)
Convulsions néonatale	167 (26.4)	6 (0.6)
Epilepsie post natale	202 (32.0)	16 (1.7)
Score d'Apgar $\leq$ 5	331 (52.4)	40 (4.3)
Prématurité	219 (34.7)	20 (2.1)
Infection néonatale	152 (24.1)	16 (1.7)
Multiparité	76 (12.0)	9 (1.0)
Infection durant la grossesse	192 (30.4)	29 (3.1)
Consanguinité	227 (35.9)	255 (27.4)
Césarienne	504 (79.7)	746(80.1)

En 2011 LI M (112), ont établi une liste de facteurs de risque de la paralysie cérébrale, classant le score d'apgar inférieur à 5 comme étant le 1<sup>er</sup> facteur de risque suivi du faible poids de naissance comme 2<sup>ème</sup> facteur de risque en sachant que cette liste comporte des facteurs de risque qui peuvent être associés chez un même patient (tableau n° 62). Dans notre étude le 1<sup>er</sup> facteur de risque que nous avons retrouvé était la souffrance néonatale deans 35,29 % des cas qui est évaluée en 1<sup>er</sup> par le score d'apgar.

Le 2<sup>ème</sup> facteur de risque dans notre étude est le faible poids de naissance qui était retrouvé dans 32,35 % des cas, en sachant que selon Sadowska M. en 2020 (113) avec un poids corporel inférieur à 1500 g, le risque était 70 fois plus élevée par rapport au groupe d'enfants dont le poids corporel supérieur 2500 g à la naissance.

Dans notre série, les résultats étaient comparable à la série de LI M, les facteurs de risque interviennent dans le même ordre avec cependant des fréquences moindre, ceci peut être expliqué par le développement de la réanimation néonatale qui permet certe un plus grand taux de survie des prématurés mais avec un plus grand taux de séquelles. Lahreche A. (54) précise que l'amélioration du suivi obstétrical et périnatal a permis de diminuer radicalement les complications liées à l'accouchement (la fréquence des infections congénitales et les cas d'ictères nucléaires).

L'augmentation progressive de l'âge maternel et les grossesses multiples sont des facteurs supplémentaires de survenue de la paralysie cérébrale.

De même dans l'étude de C.Cans (114), qui a constaté que la baisse de la mortalité infantile n'a pas été suivie d'une baisse concomitante de la morbidité, mais on a assisté plutôt à une augmentation de la prévalence des déficiences motrices de l'enfant. Donc, il est impératif d'améliorer less conditions de prise en charge en réanimation néonatale.

## **7.2. Sur le plan clinique**

### **7.2.1. Selon le type de la paralysie cérébrale**

Selon Cans C. (2005), les formes spastiques sont prédominantes (85 % des cas), et parmi elles 1/3 sont des hémipariés. Viennent ensuite les formes dyskinétiques qui ne représentent pas plus que 7 % des cas de CP, et les formes ataxiques (5 % des cas de CP) (114).

Selon Shevell MI (2003) dans une étude tirée d'une vaste base de données a confirmé les mêmes pourcentages que Cans C (115).

En 2008, Himpens E (116) dans une méta analyse a analysé entre autres le type de paralysie cérébrale, classant la forme spastique en 1ère position comme toutes les séries (Tableau n° 64 ).

Tableau 64: Sous-types et distribution de la paralysie cérébrale selon Himpens E (116)

Preterm infants	Nr of children With CP	sp. D	sp. Q	sp.bil.	Sp. Uni.	Sp. CP	dysk.	Atax.	Non Spast. CP
Ancel et al. 2006	160 (22–32wks)	44	28	72	19	91	-	-	7
Emsley et al. 1998	12 (23–25wks)	58	8	66	33	100	-	-	-
Gray et al. 2001	30 (24–27wks)	60	23	83	13	96	-	3	3
Wood et al. 2000	50 (≤25wks)	54	24	78	10	88	-	-	12
Takahashi et al. 2005	30 (<34wks)	77	23	100	-	100	-	-	-
De Vries et al. 2004	100	-	-	68	30	98	-	-	2
Suzuki and Ito 200	61	60	26	86	12	98	0	0	0
Topp et al. 2001	128	69	6	75	13	88	9	2	11
Drummond and Co	152	-	-	66	31	97	-	-	3
Himmelman et al. 2005	73	56	8	64	29	93	7	1	8
Serdaroglu et al. 2006	90	59	11	70	22	92	4	3	7
Hagberg et al. 1996	90	66	7	73	22	95	-	-	5
<b>Overall medians preterm</b>		60	17	73	21	96	-	-	4
<b>Term infants</b>									
Suzuki and Ito 2002	62	15	32	47	27	74	18	8	26
Topp et al. 2001	171	40	16	56	25	81	13	5	18
Drummond and Co.	299	-	-	53	40	93	-	-	8
Himmelman et al.	89	19	3	23	46	69	23	9	31
Serdaroglu et al. 2006	96	22	28	50	33	83	8	8	16
Hagberg et al. 1996	116	29	10	39	44	83	-	-	17
Wu et al. 2006	345					92	7	-	7
<b>Overall medians term</b>		22	16	49.5	36.5	82			18

Dans notre série, la forme spastique était présente chez 97,05 % des cas, car n'ont été inclus dans notre étude que les patients qui nécessitaient une correction chirurgicale, c'est pour cette raison que le taux de la forme spastique est nettement plus élevé.

### 7.2.2. Selon la forme clinique de la paralysie cérébrale

En 2015, Gowda VK (117) dans une méta analyse, a analysé la forme clinique de la paralysie cérébrale, classant la forme bilatérale spastique (diplegie et quadriplégie) en première position comme toutes les séries (tableau n° 65).

Tableau 65 : Comparaison des formes de paralysie cérébrale (117)

	Present study N=100	Sharma et al. N=480	Serdaroglu et al. N=90	SCPE N=4792
<b>Spastic</b>	<b>81</b>	<b>77,90</b>	<b>83</b>	<b>85,70</b>
Monoparesis	1	1,1		54,9
Diplegia	13	54	22	
Quadriparesis	58	15	28	
Hemiparesis	9	9,6	33	29,2
<b>Hypotonic</b>	<b>12</b>	<b>8,5</b>	<b>8</b>	<b>4,3</b>
<b>Dystonic</b>				
Quadriparesis	5	5,8	8	6,5
<b>Mixed</b>				
Quadriparesis	2	3,9		3,7

Selon Shevell MI (118), la répartition des patients selon les types de la paralysie indiquée dans le tableau n° 66, le type le plus couramment observé dans un échantillon fait de 217 patients était spastique quadriplégique.

Tableau 66: Répartition des types de paralysie cérébrale (118)

CP type	Number (%) N=217
Spastic quadriplegic	77 (35,5%)
Spastic hemiplegic	68 (31,3%)
Spastic diplegic	39 (18%)
Mixed	12 (5,5%)
Ataxic-hypotonic	12 (5,5%)
Spastic monoplegic	5 (2,7%)
Dyskinetic	2 (0,9%)
Worster-Drought	2 (0,9%)

Dans notre série, la forme diplégique spastique était nettement prédominante. Nos résultats rejoignent les séries de Gowda VK, avec 70,58 % de diplégiques spastiques.

Il en est de même, dans notre série où la forme bilatérale (diplégie+quadriplégie) était le type prédominant comparable à Shevell MI (tableau n° 67).

Tableau 67: Répartition selon le type de la paralysie cérébrale

	Quadriplégie	Diplégie	Hémiplégie
Gowda VK (117)	58%	13%	9%
Shevell MI (115)	35,5%	18%	31,3%
Serdaroglu et al. (117)	28%	22%	33%
Sharma et al. (117)	3,12%	58%	8,6%
<b>Notre série</b>	<b>8,82%</b>	<b>70,58%</b>	<b>20,58%</b>

### 7.2.3. Selon l'autonomie du patient (GMF-CS)

Tableau 68: Répartition selon l'autonomie de l'enfant (GMF-CS)

	GMF-CS I	GMF-CS II	GMF-CS III	GMF-CS IV
Nordmark et al. 2001 (119)	41%	19%	14%	16%
Beckung et al. 2002 (119)	41%	20%	7%	16%
Howard et al. 2005 (119)	35%	16%	14%	16%
Cans C. 2011 (119)	20%	35%	10%	15%
<b>Notre série</b>	<b>47,05%</b>	<b>35,29%</b>	<b>8,82%</b>	<b>8,82%</b>

L'étude Cans C. 2005 (114) conclue qu'à l'âge de 5 ans, 53 % des patients marchaient sans aide et 16 % marchaient avec aide, tandis que seulement 31 % des enfants ne marchaient pas.

Nous avons utilisé le score GMF-CS (Gross Motor Function Classification System) pour évaluer l'autonomie.

Les patients scorés GMF-CS III et IV ont été sélectionnés selon le critère de la marche ; en effet, les patients sur fauteuil roulant de ces deux groupes ont été exclus de l'étude, seuls les patients marchants avec aide ont été retenus.

Il n'y avait aucun patient GMF-CS V dans notre étude puisque considérés comme critère d'exclusion (enfants non marchants).

Ces enfants sont déambulants avec aide ou sans aide varient selon les formes cliniques de la paralysie cérébrale.

**Tableau 69: Répartition des enfants paralysés cérébraux en fonction de la capacité de marche (GMF-CS)(119)**

	Nordmark <i>et al.</i> , 2001 <sup>24</sup> Sweden ( <i>n</i> = 167)	Beckung <i>et al.</i> , 2002 <sup>23</sup> Sweden ( <i>n</i> = 241)	Howard <i>et al.</i> , 2005 <sup>10</sup> Australia ( <i>n</i> = 365)	Andersen <i>et al.</i> , 2008 <sup>7a</sup> Norway ( <i>n</i> = 374)	Current study <sup>b</sup> Wisconsin, USA ( <i>n</i> = 154)
Frequency (per cent) classified	167 (100%)	176 (73%)	323 (88.5%)	294 (78.6%)	108 (70.0%)
Level I	41%	41%	35%	55%	20%
Level II	19%	20%	16%	17%	35%
Level III	14%	7%	14%	20%	10%
Level IV	11%	16%	16%	8%	15%
Level V	16%	16%	18%		21%

<sup>a</sup>Levels I and II were combined.

<sup>b</sup>Calculated with case children whom reviewers coded differently equally divided between the levels directly above and below.

Les études Nordmark *et al.* 2001, Beckung *et al.* 2002, Howard *et al.* 2005, et Cans C. 2011 étaient remarquablement semblables, avec la plus forte proportion d'enfants classés autonomes, soit GMFS I et II (51 à 61 % des cas) (119) (tableau 69).

Notre étude concorde avec l'étude de Cans C 2005 (114), ainsi que les deux études de Nordmark et Beckung (119), 47,05 % des cas avaient une marche autonome, soit GMF-CS I et II étaient les plus fréquents (tableau 69).

Jan Willem Gorter 2004 (120) note que 87,8 % des enfants hémiplégiques étaient classés GMF-CS I.

Dans notre série, 100% des enfants paralysés cérébraux hémiplégiques étaient autonomes, et 50% des diplégiques avaient une autonomie totale soit GMF-CS I, et 37,5% de ces diplégiques ont été classés GMF-CS II, ceci est en rapport avec nos critères d'inclusion qui ne prennent que les enfants marchants ou ayant un potentiel de marche.

La forme hémiplegique était la forme où il y avait le plus grand taux d'enfants autonomes vu la présence d'un membre controlatéral qui est sain (figure 75).

Les 3 patients GMFCS IV marchaient avec aide au moment de leur 1ère consultation.

La marche autonome dépend de la forme topographique de la paralysie cérébrale ; en effet :

- Dans la forme hémiplegique la marche est autonome,
- dans la forme diplégique c'est la marche avec aide qui prédomine,
- 3 enfants dans la forme quadriplégique la marche autonome sans déambulateur est impossible.

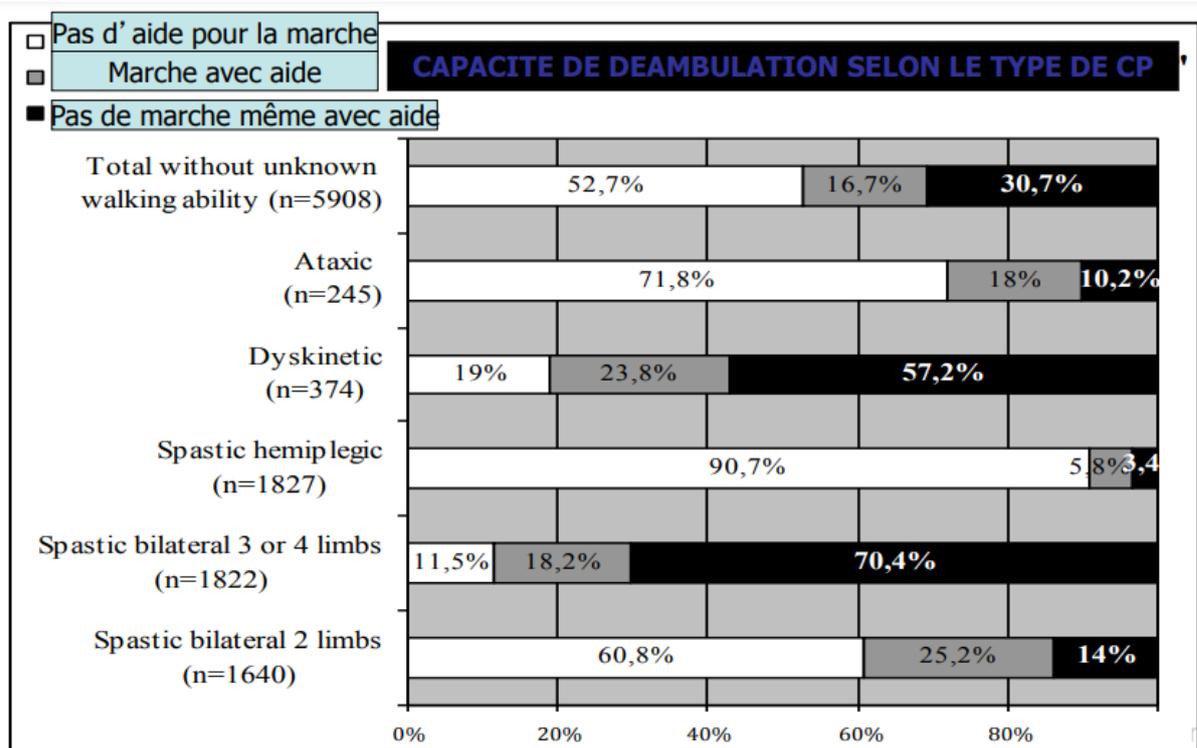


Figure 74: Capacité à la marche. Données Réseau SCPE (114)

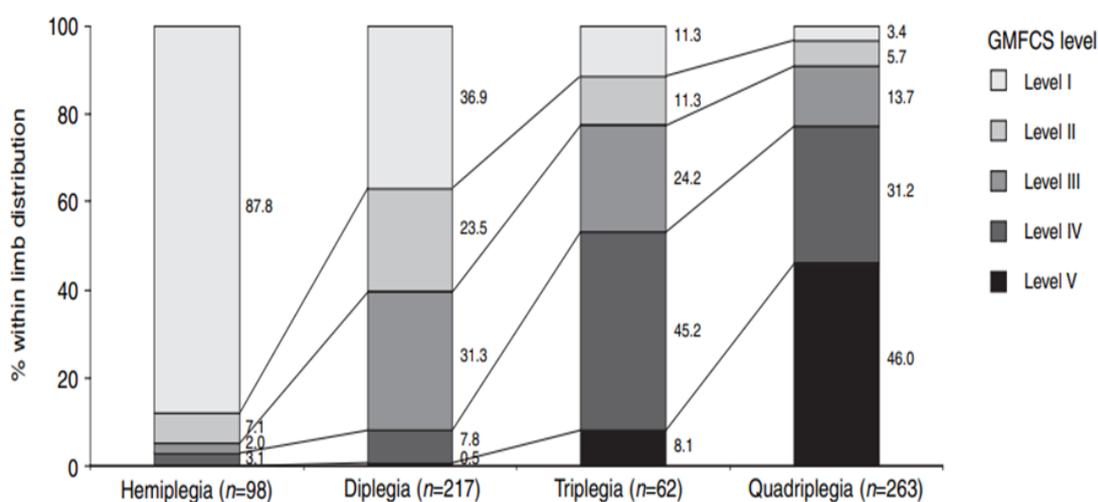


Figure 75: Répartition des GMF-CS en fonction des formes de la paralysie cérébrale (120)

#### 7.2.4. Selon le schéma de marche

Dans une série de J. M. Rodda 2004 (121), faite de 174 enfants atteints de diplégie spastique, le true equinus est le plus fréquemment retrouvé avec 27 % des cas (tableau n°70).

Tableau 70: répartition selon le schéma de marche (121)

Gait pattern	Sagittal kinematics				
	Number	Pelvic tilt	Hip Fx/Ext	Knee Fx/Ext	Ankle Df/Pf
Group I, true equinus	47	Normal Anterior	Normal	Normal Recurvatum	Equinus
Group II, jump gait	38	Normal Anterior	Normal Flexed	Flexed	Equinus
Group III, apparent equinus	31	Normal Anterior	Flexed	Flexed	Normal
Group IV, crouch gait	28	Anterior Normal Posterior	Flexed	Flexed	Calcaneus
Group V, asymmetrical gait	30	Combination of any two of the above patterns			
Total	174				

Les résultats de notre série rejoint celle de J. M. Rodda, en effet concernant l'atteinte bilatérale des membres inférieures, il y avait une nette prédominance des patients classés Rodda 1 (true equinus) et Rodda 2 (jump gait).

Dans une étude de Jacques Riad 2007 (122), 112 patients atteints d'une paralysie cérébrale type hémiplégique spastique classés selon les critères de Winter, 26 patients (23 %) n'ont pu être classés. Ces patients ont été définis comme le groupe 0.

La classification Winter n'a pas réussi à classer 23% (26/112) des enfants hémiplégiques spastiques. Jacques Riad et al. suggèrent que la classification soit complétée par le groupe 0 moins impliqué. De cette façon, tous les patients peuvent être classés et ainsi, des plans de traitement peuvent être établis pour tous les patients.

Dans une étude faite par Stefanos Tsitlakidis 2019 (123), le système de classification Winter se concentre principalement sur les pathologies de l'articulation de la cheville et considère partiellement les pathologies de l'articulation du genou et de la hanche. L'extension du nombre de schémas de marche possibles en utilisant deux systèmes de classification morphologique a réduit le nombre de patients non classés, améliorant ainsi la capacité de classer les troubles de la marche chez les patients atteints de PC unilatérale.

Pour notre série, il y a une prédominance du groupe 2 (true équinus) (71,42 % des cas) , mais ceci en utilisant exclusivement la classification de Winter chez le paralysé cérébral hémiplégique.

## **7.2.5. Lésions anatomiques du membre inférieur**

### **7.2.5.1. Le pied équin isolé**

Dans une série marocaine de LAHRACHE A en 2009 (54), sur 100 patients présentant une déformation des pieds, 21 n'avaient aucune autre atteinte orthopédique associée.

Dans notre série, il y avait 34 patients avec 60 pieds équins fixes, 10 patients soit 29,41 % des cas ne présentaient aucune atteinte orthopédique associée.

Nos résultats sont proches de la série marocaine.

### 7.2.5.2. Les atteintes associées

Les enfants paralysés cérébraux présentent souvent une limitation des amplitudes des mouvements articulaires par réduction progressive de la longueur musculaire au cours de la croissance, donc les différentes déformations s'aggravent progressivement avec l'âge.

#### 7.2.5.2.1. Atteintes associées influençant l'équinisme du pied

##### 7.2.5.2.1.1. Limitation de l'abduction de la hanche

Dans notre étude, 18,33% de nos patients présentaient une limitation de l'abduction de la hanche.

Le nombre de patients qui présentaient une limitation de l'abduction de la hanche augmentait avec le GMF-CS, nous avons retrouvé 12,5% des cas classés GMF-CS I contre 66,66% des cas classés GMF-CS IV.

La limitation de l'abduction de la hanche dans notre série était surtout présente dans les formes quadriplégiques, soit 66,66% des cas et elle a été retrouvée seulement dans 14,28% des cas chez les hémiplésiques.

Dans une étude faite par Eva Nordmark 2009 (124), le volet d'abduction était plus élevée chez les enfants atteints de paralysie spastique unilatérale par rapport aux autres sous-types de la paralysie cérébrale, et chez les enfants classés GMFCS I par rapport aux enfants classés GMFCS III-V (tableau n° 71).

**Tableau 71: volet d'abduction de la hanche en fonction du sous type de la paralysie cérébrale et du GMF-CS (124)**

Sous-type CP	GMFCS I	GMFCS II	GMFCS III	GMFCS IV	GMFCS V	Le total
Spastique unilatérale	103 (28,7%)	14 (3,9%)	5 (1,4%)	0 (0%)	0(0%)	122 (34,0 %)
Spastique bilatérale	55 (15,3%)	24 (6,7%)	32 (8,9%)	22 (6,1%)	22 (6,1%)	155 (43,2%)
Ataxique	10 (2,8 %)	13 (3,6%)	8 (2,2%)	2 (0,6%)	1 (0,3%)	34 (9,5%)
Dyskinétique	3 (0,8%)	1 (0,3%)	6 (1,7%)	14 (3,9%)	19 (5,3%)	43 (12,0%)
Non classable	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (0,6%)	3 (0,8%)	5 (1,4%)
Le total	171 (47,6%)	52 (14,5%)	51 (14,2 %)	40 (11,1 %)	45 (12,5%)	359 (100%)

Notre étude rejoint les résultats d'Eva Nordmark.

#### 7.2.5.2.1.2. Flessum de la hanche

Dans une série S.Dziri 2016 le flessum de la hanche était présent dans 36,3 % des cas (108).

Dans l'étude marocaine Aghoutane 2019 (19), le flessum de hanche est présent chez 13 % des patients.

Notre série concorde avec celle de S. Dziri, 19 hanches étaient en flessum (soit 31,66 % des cas), et 3,33 % étaient associées à une rotation pelvienne supérieure à 20°.

#### 7.2.5.2.1.3. Flessum du genou

Le genu flessum est la conséquence d'une rétraction des ischio-jambiers ou bien compensateur à une rétraction des muscles fléchisseurs de la hanche.

Une faiblesse du muscle triceps peut aussi être compensée par un genu flessum.

Dans une étude marocaine, Aghoutane 2019 (19) l'atteinte la plus fréquente du genou est le genu flessum retrouvée dans 22 % des cas.

Dans notre série, nous avons retrouvé 31 flessum du genou, soit dans 51,66 % des cas. Il y a plus de flessum de hanche dans notre série vu que dans la série marocaine d'Aghoutane n'a pris en considération que les paralysés cérébraux diplégiques, ce qui pourrait peut être expliquer cette différence.

7.2.5.2.2. *Les atteintes associées n'influençant pas  
l'équinisme du pied*

7.2.5.2.2.1. *Rotation fémorale*

Dans la série de Susan A Rethlefsen 2006 (125), faite de 412 enfants atteints de paralysie cérébrale (587 côtés) avec une démarche en rotation interne du membre inférieur, les causes ont été évaluées séparément pour les enfants avec atteinte bilatérale (diplégie ou tétraplégie) et ceux avec hémiplégie, les causes les plus fréquentes étaient la rotation interne de la hanche dans 54,87 % des cas. La cause la plus fréquente de démarche en rotation interne chez les sujets présentant une atteinte bilatérale (diplégiques et quadriplégiques) étaient la rotation interne de la hanche dans 57,02 % des cas.

Dans notre série, nous avons retrouvé 2 hanches avec antéversion fémorale chez la même patiente, il s'agissait d'un enfant quadriplégique âgée de 11 ans, classé GMF-CS III.

Les angles d'antéversion sont de 15° à droite et 20° à gauche.



Figure 76: *rotation fémorale bilatérale chez une enfant quadriplégique (iconographie personnelle)*

#### 7.2.5.2.2.2. *Patella alta*

Dans la série de Jon R Davids 2020 (126) ,la patella alta est retrouvée chez 61% des paralysés cérébraux, 47 % sont des formes unilatérales et 74% sont des formes bilatérales, la prévalence de la patella alta dans le GMFCS III était significativement plus élevée que dans les GMFCS I et II.

Dans notre série, la patella alta a été retrouvée :

- Dans 11,66 % des cas;
- 14,28 % des patients sont des l'hémiplégiques, 16,66 % des enfants sont diplégiques et dans 66,66 % des cas chez le quadriplégique ; ce qui rejoint la série de Jon R Davids avec une nette prédominance de la patella alta dans les formes bilatérales.
- 66,66% des patients présentant une ascension de rotule ont été classés GMF-CS III, rejoignant la série de Jon R Davids.

#### 7.2.5.2.2.3. *Torsion tibiale*

Dans une série de Mehmet S Er 2017 (99), un échantillon de 43 membres qui ont subi une ostéotomie de rotation interne du tibia, avec un suivi à court terme et à long terme. L'âge moyen à l'intervention était de  $10,3 \pm 3,4$  ans (extrêmes 6 à 19,2 ans). La rotation moyenne du tibia a eu tendance à s'améliorer, passant de  $-26 \pm 17$  degrés à  $-16 \pm 16$  degrés à moyen terme et a rechuté à  $-23 \pm 17$  degrés à long terme. Cette étude a montré que, bien que l'ostéotomie de dérotation interne du tibia améliore l'exorotation tibiale à court terme, la récurrence est fréquente avec une tendance au cours de la croissance à la rotation externe du tibia

Dans notre série 5 membres soit 8,33 % présentaient une anomalie de rotation tibiale de plus de  $20^\circ$ , il s'agit d'un excès de rotation externe du segment jambier.

Nos patients ont été opérés et ont bénéficié d'une ostéotomie de rotation interne de  $10^\circ$  à  $15^\circ$  en fonction de l'âge.

Plus l'enfant est jeune, plus grand fût l'angle de dérotation tibiale interne lors de l'ostéotomie.

En effet ceci est expliqué par le fait que tout enfant, et celui de façon physiologique continue tout au long de la croissance à effectuer une rotation tibiale externe néfaste chez l'enfant paralysé cérébral.

Par contre, quand l'enfant est plus âgé et qu'il présente une rotation tibiale externe supérieure à 20°, il a moins de chance de réctifier cet angle par sa croissance et donc, la correction doit se faire chirurgicalement en diminuant l'angle de dérotation interne lors de l'ostéotomie tibiale sans dépasser les 15°.

En conclusion, plus l'enfant est jeune, plus important sera l'angle de la dérotation en interne lors de l'ostéotomie tibiale qui varie de 10° à 15°.

#### 7.2.5.2.2.4. *Equino-cavo-varus*

Dans une étude de Paz Kedem 2015 (127), l'équino-cavo-varus est observé principalement chez les patients hémiplegiques, peut se voir aussi chez les jeunes patients diplégiques. Les orthèses sont souvent utilisés pour les déformations légères et souples. La chirurgie sera nécessaire si la déformation devient sévère.

Dans notre série, 9 pieds présentaient un cavo varus soit 15 % des cas. Le cavo-varus est une atteinte associée à l'équinisme du pied, a été retrouvée chez l'hémiplegique dans 71,42% des cas ce qui rejoint l'étude de Paz Kedem.

Dans 55,55 % des cas c'était un cavo varus sévère donc ont nécessité une correction chirurgicale par libération du fascia plantaire.

#### 7.2.5.2.2.5. *Plano-valgus*

Dans une série marocaine Lahrache 2009 (54), le pied plat valgus chez le paralysé cérébral est présent dans 55 % des cas chez le diplégique et 9 % des cas chez le quadriplégique, dans 61 % des cas l'équin est présent.

Dans notre série, le plano-valgus a été retrouvé dans 31,66 % des cas : chez le diplégique dans 75% des cas, puis les quadriplégiques dans 33,33% des cas.

Dans la série de Jae Jung Min 2020 (128) sur les 194 patients, 90 (soit 46,39 %) étaient du GMFCS I et 70 (soit 36,08 %) du GMFCS II et 34 (soit 17,52 %) du GMFCS III.

42,10 % de nos patients sont classés GMF-CS II, et 31,57 % sont classés GMF-CS I.

Les atteintes dans notre série étaient plus sévères, cela pourrait être dû au retard de la 1<sup>ère</sup> prise en charge de nos patients.

### **7.3. Traitement**

Les objectifs du traitement chirurgical sont la correction de la déformation, le rétablissement de la stabilité du pied et la préservation des amplitudes de mouvement.

Une prise en charge préopératoire des patients a été faite par le médecin MPR faite de traitement médical et médicamenteux ; puis la prise en charge est assurée par un seul médecin MPR et un seul médecin chirurgien pédiatre.

#### **7.3.1. Selon l'âge de l'acte chirurgical**

Lors de la poussée de la croissance, la croissance musculaire est plus lente que celle des os d'où l'accentuation des troubles orthopédiques à la puberté, entraînant des rétractions et une diminution de la force musculaire ce qui va entraîner une perte de la déambulation préalablement acquise.

Selon Emmanuelle Chaléat-Valayer (14), concernant les techniques de traitement non réversible, la chirurgie neuro-orthopédique fonctionnelle multisite de correction des atteintes associées et de lutte contre la triple flexion au niveau des membres inférieurs (allongements tendineux couplés ou non à des neurotomies ou des gestes osseux) doit être retardée à l'âge de maturité et de stabilisation des patterns de marche, et généralement –si possible- évitée avant l'âge de 8-10 ans . Des études ont en effet démontré que les gestes osseux réalisés précocement sont voués à la récurrence et que la perte de force engendrée par les chirurgies répétées d'allongement tendineux sont à prendre en compte avec des conséquences parfois complexes sur la fonction motrice et sur la marche

Dans une série de Christopher L. Lee 1980 (129), quelque soit le type d'intervention pour l'équinisme du pied chez le paralysé cérébral, le taux de récurrence de l'équin de pied augmente avec l'intervention chirurgicale à un âge jeune (Tableau n° 72).

Tableau 72: récidence de l'équinisme du pied en fonction de l'âge de la chirurgie (129)

<i>Age at surgery (yrs)</i>	<i>No. of operations</i>	<i>Recurrences</i>	<i>Recurrence rate (%)</i>
2	4	3	75
3	10	3	30
4	19	4	24
5	13	6	45
6	22	4	18
7	9	1	11
≥8	44	0	0

Ceci reste d'actualité puisque selon Sophia Julia Häfner 2020 (130), a mentionné que les déformations articulaires et les récurrences de contractures musculaires étaient plus fréquentes lorsque la chirurgie était pratiquée chez les enfants de moins de 8 ans.

Selon une étude faite par Chin Youb Chung, publiée en 2015 (131), la récidence de l'équinisme après la chirurgie a été fortement associée avec l'âge des patients à la chirurgie. Joo et al ont démontré que chez les enfants de moins de 8 ans ont un taux de récidence plus élevée que chez les enfants plus âgés

Dans une étude de S Gaytán-Fernández 2020 (132), la prise en charge du pied équin chez le paralysé cérébral a montré que l'âge optimal est suggéré entre 6 et 12 ans. La technique percutanée à ciel ouvert doit être privilégiée et une plus grande attention doit être portée à la surveillance de la monoplegie

Selon Martin Svehlik 2011 (133), les enfants atteints de paralysie cérébrale qui ont bénéficié d'une chirurgie multisite à un âge plus avancé s'en sortent mieux à long terme que ceux qui sont plus jeunes au moment de la chirurgie. La poussée de croissance pubertaire est discutée comme un facteur contribuant à la détérioration de la démarche.

Tableau 73: Age moyen d'intervention du pied équin (63)

Auteurs	Technique	Age moyen
Abel et al. (63)	Vulpius	8,7 ans
Adolfson et al. (63)	Vulpius, TAL	8,5 ans
Baddar et al. (63)	Vulpius	7,2 ans
Borton et al. (63)	Hoke TAL (Perc), Z TAL, Baker	7,6 ans
Engsberg et al. (63)	HCA, Vulpius, TAL, White	7 ans
Parc et al. (63)	Vulpius, Z TAL	8 ans
<b>Notre série</b>	<b>Vulpius, Baker, Hoke, TAL en Z</b>	<b>8,76 ans</b>

Chez nos patients, l'âge moyen de chirurgie est de 8,5 ans chez les diplégiques, 9,75 ans chez les patients hémiplegiques et 9 ans chez les enfants quadriplégiques.

Dans notre série, l'âge moyen de l'intervention chirurgicale est de 8,76 ans avec des extrêmes allant de 6 à 14 ans ce qui rejoint la plupart des données de la littérature (tableau n° 73).

Pour nos patients opérés précocément (entre 6 et 7 ans) sont au nombre de 13 (38,23 %), l'indication opératoire a été posée car le suivi en rééducation n'a pas obtenu une autonomie ni une déambulation correcte et ceci pour plusieurs raisons :

- Le nombre de séances hebdomadaires (2 à 3 séances) de rééducation insuffisantes pour créer de nouveaux schémas moteurs et déclencher des automatismes. Ce nombre de séances réduites en raison du nombre de patients se présentant au niveau du service de rééducation unique au niveau du centre hospitalo-universitaire, et la non disponibilité de ces services au niveau des centres de santé de proximité.

- Le niveau socio-économique bas de certains patients ne leur permettant pas de se déplacer régulièrement vers le chef lieu de wilaya afin de se présenter au service de rééducation du centre hospitalo-universitaire.
- Le niveau socio-économique bas retentit aussi sur l'obtention et le port de l'appareillage en durée et en qualité, ce qui a entraîné une aggravation des rétractions musculaires.
- L'absence d'équipes pluridisciplinaires au niveau de certains centres hospitaliers ce qui ne permet pas d'apprécier avec exactitude l'évolution de la déambulation et de l'autonomie du patient.
- La période de confinement imposée par la pandémie de Covid-19 s'est traduite par la fermeture des services hospitaliers spécialisés pour la rééducation ainsi que des cabinets de la majorité des professionnels de santé libéraux, dont ceux des kinésithérapeutes, ce qui a retentit négativement sur la rééducation de certains patients.
- Lors de cette pandémie, même les transports entre le lieu de résidence des patients et les EPH a été suspendu, ce qui a rendu le déplacement des malades résidents hors chef lieu de wilaya impossible, et donc il y a eu un abandon de la rééducation ce qui a entraver le suivi pour les patients en phase de rééducation, en particulier si celle-ci est au long cours.

### **7.3.2. Selon les techniques de chirurgie du pied équin**

#### **7.3.2.1. Interventions en zone 3 (distale)**

Selon une série de Borton et al. (63), sur 40 pieds équin qui ont bénéficié d'un allongement du tendon d'Achille type allongement en Z, 57,5% ont eu une récurrence de l'équin, et sur 98 pieds qui ont eu un allongement du tendon d'Achille type Hoke, seulement 20,4% ont eu une récurrence de l'équinisme du pied.

Lorsqu'une procédure chirurgicale d'allongement du tendon d'Achille de Hoke ou de White était associée à un programme de gestion postopératoire d'orthèses de nuit, la récurrence de la déformation en équin était significativement réduite (134).

Roger Lyon en 2005 (135), a montré dans sa série que l'allongement du tendon d'Achille (en Z, triple hémisection ou double hémisection) restaure la dorsiflexion passive normale de la cheville, réduit l'équin mais entraîne un léger talus

Dans une série décrite par Robert M. Kay 2004 (136), il y a une amélioration de l'amplitude de la dorsiflexion après la chirurgie aussi bien pour la recession gastrocnémienne que pour l'allongement du tendon d'Achille, les patients traités par allongement du tendon d'Achille avaient un équinus préopératoire plus important que ceux qui ont bénéficié d'une recession gastrocnémienne.

Dans notre série, 2 pieds ont bénéficié d'un allongement isolé du tendon d'Achille par triple hémisection selon la technique de Hoke, âgés respectivement de 14 ans et de 12 ans qui présentaient un équinisme du pied inférieur à  $-20^{\circ}$  soit un équinisme sévère avec un test de Silfverskiold négatif, donc non réductible à la mise en flexion du genou, ce qui rejoint la série de Robert M. Kay.

2 pieds, soit 3,33 % ont bénéficié d'un allongement du tendon d'Achille par triple hémisection type Hoke rentrant dans le cadre d'une chirurgie multisite.

En post opératoire, on a obtenu une correction totale soit de 100% de l'équinisme de ces pieds.

### **7.3.2.2. Interventions en zone 2 (moyenne)**

#### *7.3.2.2.1. Allongements type Baker*

Selon Thomas Dreher (64), la tendance à l'hypercorrection était beaucoup moins marquée après la procédure Baker (32%).

Dans notre série, la procédure de Baker a été indiquée pour un équinisme du pied inférieur à  $-20^{\circ}$  et réductible à la mise en flexion du genou (Silfverskiold +), ce procédé a été fait pour 28 pieds soit 46,66%.

Dans notre série, 2 patients aux antécédents d'un allongement en Z du tendon d'Achille et pour lesquels une récurrence a été constatée, la décision d'une reprise chirurgicale a été prise sans difficulté (un patient hémiparétique, et un patient diparétique sévère avec récurrence d'un seul côté, donc il n'y avait pas de risque d'effondrement), avec l'indication d'un allongement gastrocnémien type Baker associé à un allongement en Z du tendon d'Achille.

Lors du suivi postopératoire, tous les équinismes des pieds se sont corrigés à 100%.

#### 7.3.2.2.2. Allongement selon Vulpius

Selon A. Tinney 2015 (137), la recession gastrocnémienne-soléus selon le Vulpius est réalisée soit en chirurgie de niveau unique (hémiplégie spastique) ou dans le cadre de la chirurgie multisite (diplegia spastique). Les indications de l'aponévrotomie gastro-soléenne lorsqu'il existe un équinisme fixe du pied de plus de 25° avec le genou étendu et 15° avec le genou fléchi.

Dans la série de A. Tinney 2015 (137), 30 procédés de Vulpius ont été effectués, 4 ont complété un procédé de Strayer qui a été jugé insuffisant par la manœuvre de Silfverskiold en peropératoire pour réduire l'équin du pied, et 4 autres patients ont bénéficié d'une aponévrotomie type Vulpius bilatérale

Dans la même série (137), l'allongement musculo-aponévrotique type Vulpius est le principal procédé pour la majorité des enfants atteints d'hémiplégie spastique qui ont une démarche en équin, avec un allongement du tendon d'Achille pour les pieds équins sévères

Dans une série de Suichiro Takahashi 2002 (138), amélioration de la flexion dorsale de la cheville chez 146 patients, le clonus de la cheville qui nuit à la coordination des mouvements du pied pendant la marche a disparu après une aponévrotomie de Vulpius avec amélioration de la dorsiflexion de la cheville genou fléchi et genou étendu.

Dans notre série, on a réalisé le procédé de Vulpius pour 30 pieds soit 50 %, qui présentaient un pied équin fixe avec un équinisme supérieur à -20°.

En post opératoire, il y a eu une correction totale de l'équinisme de 28 pieds avec obtention d'un appui plantigrade soit 46,66 %, mais seulement une amélioration de l'équinisme de 2 pieds sans correction totale.

Ces 2 pieds correspondent à des patients quadriplégiques avec une spasticité classée Tardieu 3, qui après un traitement chirurgical jugé pas très satisfaisant ont été réorienté au service de médecine physique et réadaptation pour bénéficier d'un traitement contre la spasticité, mais malheureusement, la spasticité a persisté et les enfants ont été admis pour bénéficier d'une neurotomie tibiale postérieure.

### **7.3.2.3. Intervention en zone 1 (proximal) : technique de Strayer**

Aucun de nos patient n'a bénéficié d'un allongement type Strayer ou Baumann.

## **7.3.3. Techniques de chirurgie des atteintes associées**

### **7.3.3.1. Atteintes associées influençant l'équinisme du pied**

#### *7.3.3.1.1. La ténotomie des adducteurs de hanche et du psoas*

La ténotomie des adducteurs et/ou du psoas chez le paralysé cérébral porteur d'un pied équin rentre dans le cadre de la chirurgie fonctionnelle, ce type de chirurgie vise à améliorer une fonction, ou à empêcher ou retarder sa disparition.

La ténotomie des adducteurs et du psoas n'a été réalisée chez nos patients que dans le cadre de la chirurgie multisite et le but est de conserver un bon équilibre musculaire pour le membre inférieur.

Dans la série de Ana Presedo 2005 (139), La libération des tissus mous de la hanche pour 65 enfants était efficace pour la prévention de la luxation de la hanche chez 67 % des patients.

Dans une étude de B Rolaufts 2007, (140), la ténotomie des tissus mous dans la luxation et la subluxation de la hanche chez les enfants paralysés cérébraux est une procédure sûre qui permet de traiter et de prévenir la luxation/subluxation de la hanche dans 76 % des cas.

Dans la série de Sherif NG Bishay 2008 , (141), l'âge moyen au moment de la chirurgie des tissus mous de la hanche était de 3,6 ans (extrêmes 3-5 ans), la présente étude était basée sur de jeunes enfants avec une limite d'âge de 5 ans. Plus l'enfant était jeune, meilleur était le résultat.

Onimus et al .1991, (142), ont rapporté de bons résultats, sur 40 hanches de 24 enfants dans la prévention de la luxation de la hanche dont l'âge d'intervention variait de 1,6 à 10 ans. Des résultats positifs ont été obtenus chez 90 % des patients de moins de 4 ans. La chirurgie préventive doit être réalisée à 2 ou 3 ans, avant l'apparition de la dysplasie de la hanche.

Dans notre série, 11 hanches présentaient une limitation du volet d'abduction, une ténotomie des adducteurs a été réalisée, nous avons obtenu une correction du volet

d'abduction (> 40°) pour 7 hanches, soit 63,63%, et une correction acceptable (entre 20° et 40°) pour 4 hanches soit 36,36%.

Chez nos patients, l'âge moyen de réalisation de la ténotomie des adducteurs est de 6,45 ans, ceci vu que les patients faisant partie des critères d'inclusion ont un âge supérieur à 6 ans.

Nous avons réalisé une ténotomie du psoas pour 2 hanches, la moyenne d'âge d'intervention était de 6 ans et les patients avaient une quadriplégie GMF-CS III et GMF-CS IV.

Dans les différentes séries, il est question de prévention de la luxation de la hanche, en sachant qu'elle est certes rare chez les paraplégiques marchants mais la ténotomie des adducteurs reste nécessaire.

#### *7.3.3.1.2. Ténotomie ou transfert du droit fémoral*

Selon une série de TA Damron 1993, (143), 71 % des patients traités pour un flectum du genou par allongement des ischio-jambiers avaient une flexion du genou post opératoire diminuée, 23 % des genoux avaient une flexion améliorée, tandis que 6 % étaient inchangés. 13 % des paraplégiques marchants ont nécessité un transfert du rectus femoris afin d'améliorer la flexion du genou à la phase oscillante.

Dans une étude de Bernard, Jean-Claude, 2017, (12) ils ont rapporté que la libération du rectus femoris proximal réduit la contracture en flexion de la hanche et la lordose lombaire, mais améliore également la flexion du genou à la phase oscillante.

Dans notre série, nous avons 26 allongements du rectus femoris soit dans 44,33 % des cas, dont 19 allongements ont été faits en proximal et 7 en distal associé à un abaissement de la rotule.

En post opératoire, 100% des flectum de la hanche ont disparu avec un Ely-test qui est devenu négatif.

### 7.3.3.1.3. Tenotomie des ischio-jambiers

Dans une série de LC Hsu 1997 (144), 49 enfants atteints de paralysie cérébrale spastique traités par allongement distale des ischio-jambiers et suivis pendant une moyenne de 4,4 ans. 81,63 % ont présenté une amélioration significative de leur schéma de marche et 36,73 % ont présenté une amélioration de la fonction motrice.

Dans une série de Zoran Bozinovskiet 2014 (145), 85 patients atteints de paralysie cérébrale spastique ont été traités pour flossum des genoux par allongement des ischio-jambiers distaux. 100 % ont eu une amélioration de l'angle poplité.

E De Pavía-Mota 2013 (146), a montré que la ténotomie percutanée et l'aponévrotomie des fléchisseurs du genou se sont avérées être une bonne alternative pour le traitement de la contracture des fléchisseurs du genou chez patients atteints de paralysie cérébrale spastique, avec un angle poplité moyen qui est passé de 83,48° en préopératoire à 27,30° à la fin du suivi, avec une amélioration de 56,18°.

Notre série comprend 31 allongements des ischio jambiers, en préopératoire, 80 % des angles poplités étaient supérieurs à 50° et qui en postopératoire 73,33 % sont devenus moins de 30° alors que 26,66 % se sont améliorés pour arriver à un angle compris entre 30 et 50° ce qui rejoint la série de LC Hsu.

Dans notre série, tous les allongement des ischio-jambiers ont été intégrés dans le cadre de la chirurgie multisite.

### 7.3.3.2. Traitement des atteintes associées n'influençant pas l'équinisme du pied

#### 7.3.3.2.1. Ostéotomie de dérotation fémorale

Dans la série de Ki Hyuk Sung 2018 (97), 34 patients marchants (53 hanches) avec une paralysie cérébrale subissant une ostéotomie de dérotation fémorale, l'âge moyen à la chirurgie était de 7,8 ans. La rotation moyenne de la hanche a diminué significativement de 9,6° en préopératoire à 3,1° à 1 an postopératoire, et a diminué de manière significative à - 5,9° au dernier recul.

Une étude récente de Öunpuu S 2017 (147), a évalué à long terme les résultats des ostéotomies fémorales réalisées sur 27 hanches d'enfants paralysés cérébraux. Ces patients ont bénéficié d'une analyse de la marche en préopératoire, 1 an puis 10 ans en postopératoire. L'examen clinique a retrouvé une amélioration significative de la rotation interne de la hanche, mais 9% des hanches ont présenté une récurrence de la rotation interne qui était supérieure à 15° à 11 ans en postopératoire. Ces récurrences ont été expliquées par l'âge d'intervention, l'évolution de la maladie et le site de l'ostéotomie.

Dans la série de M Niklasch 2015 (148), l'ostéotomie de dérotation fémorale est le traitement de référence pour la marche en rotation interne dans la paralysie cérébrale avec des résultats satisfaisants à court terme, alors que des taux de récurrence allant jusqu'à 33 % sont rapportés dans les études de résultats à long terme et ce taux de récurrences est lié à des ostéotomies de dérotation fémorales faites à un jeune âge.

Dans notre série, 2 ostéotomies de dérotation fémorale ont été réalisées chez la même patiente, enfant quadriplégique âgée de 11 ans, GMF-CS III. Les angles d'antéversion fémorale étaient supérieurs à 15° en préopératoire.

L'ostéotomie de dérotation fémorale était réalisée dans le cadre de la chirurgie multisite après une indication posée par la consultation pluridisciplinaire et lors du traitement du pied équin .

Après la chirurgie, l'antéversion fémorale est passée de 15° à droite et 20° à gauche en préopératoire à 9° à droite et 13° à gauche en postopératoire.

#### 7.3.3.2.2. *Abaissement de la rotule*

Dans la série de E Desailly 2017 (149), 12 membres inférieurs avec patella alta (index Caton > 1,4) chez 41 enfants infirmes cérébro-spinaux soit 29,26 %, un abaissement de la rotule a été réalisé, sans ostéotomie d'extension fémorale distale ni libération des ischio-jambiers. L'amélioration de la flexion minimale du genou à mi-appui était significativement plus importante dans le groupe avec abaissement patellaire qu'avec ostéotomie d'extension fémorale distale et libération des ischio-jambiers. L'indice de déviation de la marche s'est amélioré.

Dans une série de Un Schejbalová 2011 (150), 46 genoux d'enfants âgés entre 6 et 8 ans présentant une patella alta ont été traités par raccourcissement du tendon rotulien, 86,96 % ont eu une amélioration de la marche et le maintien de l'extension du genou pendant la station debout. L'amélioration de la locomotion et le maintien de l'extension du genou pendant la station debout.

Dans notre série qui rejoint celle de Un Schejbalová, tous les abaissments de rotules ont fait partie de la chirurgie multisite, il s'agit de 7 abaissments soit 11,66 % où l'index de Caton-Deschamps est supérieur à 1,2. Après traitement chirurgical d'abaissement de la rotule par raccourcissement du tendon rotulien, et en postopératoire immédiat, l'index de Caton-Deschamps est entre 0,8 et 1,2 dans 100% des cas.



*a) préopératoire*



*b) postopératoire*

*Figure 77: abaissement de la rotule (iconographie personnelle)*

Les meilleurs résultats obtenus dans notre série sont le fait que notre traitement chirurgical de l'ascension de la rotule s'est intégré dans le cadre d'une chirurgie multisite.

#### 7.3.3.2.3. Endorotation tibiale

Dans la série d' Oliveros-Rivero JA 2020, (151), les 12 patients qui qui nécessitaient une endorotation tibiale sur maladie neurologique (paralysie cérébrale et myeloméningocèle), il y eu une correction de l'angle du pas inférieur à  $-10^{\circ}$ . En procédant à l'évaluation de la marche après la chirurgie correctrice a montré une bonne évolution chez 11 patients (91,67%).

Dans notre série, les 5 endorotations tibiales ont fait partie de la chirurgie multisite, toutes réalisées sur un seul membre.

100% de nos patients ont vu l'exorotation du segment jambier se corriger et correction de l'adduction de l'avant-pied présente en préopératoire en association avec le pied équin.



Figure 78: ostéotomie de dérrotation interne du tibia (iconographie personnelle)

#### 7.3.3.2.4. Traitement du pied cavo-varus

Dans la série de M. Schneider 1977 (152), 24 enfants présentant une déformation équinovarus spastique due à une infirmité motrice cérébrale ont été traités par transfert antérieur du tendon tibial postérieur et allongement du tendon d'Achille. 38 % des résultats ont été notés « bons » ou « satisfaisants ». 62 % ont été jugés « médiocres » en raison d'une

déformation en valgus, calcanéum ou équin suffisamment grave pour nécessiter une réintervention.

Bishay 2008 (153), a signalé récemment de bons résultats avec triple arthrodèse dans le cadre de la chirurgie multiniveaux à événement unique pour déformation équinocavovarus chez les patients souffrant de paralysie cérébrale spastique.

Wu et al. 2019 (100), ont utilisé la procédure rapportée par Japas, dans laquelle la libération primaire des tissus mous plantaires était associée à une ostéotomie tarsienne en forme de « V » pour traiter sept cas de déformation du pied creux chez les enfants de plus de 6 ans, il ont atteint un bon résultat de 83,3%.

Dans la série de Philippe WICART 2007 (154), l'âge moyen lors du traitement chirurgical était 10.3 ans (5,5 à 13,6). La correction postopératoire du creux moyenne (angle de Méary) était 74 %, atteignant 100 % pour 31 % des cas. Une correction complète ou partielle du creux était observée au dernier recul pour 75 % des pieds. A ce moment, le résultat global était satisfaisant ou non satisfaisant dans respectivement 64 et 36 % des cas.

Dans notre série, tous les traitements chirurgicaux du pied equino cavo varus ont fait partie de la chirurgie multisite.

Notre série rejoint celle de Wicart P, l'âge moyen d'intervention est de 10,6 ans avec des extrêmes d'âge 8 ans et 14 ans.

5 pieds cavo varus sévère ont été opérés, soit 55,55 %, après libération des tissus mous, l'angle de Meary s'est corrigé à 100 % pour 3 pieds et s'est amélioré sans correction totale pour les 2 autres.

Les 2 pieds cavus dont l'angle de Meary s'est amélioré et ne s'est pas corrigé totalement ont nécessité un traitement chirurgical osseux type ostéotomie de dérotation interne du segment jambier.

7.3.3.2.5. *Chirurgie du pied plat*

Dans une série de SAYAR L 2018 (155), une étude rétrospective entre mai 2011 et mai 2014, a été portée sur 15 pieds plats valgus réductibles traités par arthrodèse sous-talienne de Grice-Green utilisant une greffe osseuse fibulaire, l'âge moyen au moment de la chirurgie était de 10,7 ans. Toutes les greffes étaient stables et une fusion solide avec une correction soutenue s'est produite dans tous les pieds . Cette procédure a réussi à stabiliser 96% des pieds, avec maintien de la correction et un taux d'union osseuse radiographique de 88%.

Une étude de Won SH 2016 (153) a montré que cette déformation est observée chez 38% des patients atteints de paralysie cérébrale de type hémiplégique et chez 20% des patients atteints les types diplégiques et quadriplégiques.

Dans une étude de Aly Mohamed Aboelenein 2020 (40), les résultats cliniques après chirurgie étaient parfaits sur 18 pieds (82 %), bons sur 2 pieds (9 %) et moyens sur 2 pieds (9 %). Les résultats radiologiques ont montré une amélioration à 20 pieds, tandis que 2 pieds n'ont montré aucune amélioration.

Dans notre série 2 pieds plats sont opérés soit 10,52 % de l'ensemble des pieds plats ont bénéficié d'une opération de Cavalier rentrant dans le cadre de la chirurgie multisite.



*Figure 79: pied plat opéré par opération de Cavalier (iconographie personnelle)*

#### **7.3.4. Discussion de la chirurgie multisite**

À l'ère de la chirurgie multi-sites, la chirurgie de l'équin est rarement réalisée de manière isolée et plus couramment réalisée avec d'autres interventions chirurgicales conçues pour corriger le dysfonctionnement du bras de levier, améliorer la biomécanique du couple flexion plantaire/extension du genou et corriger les contractures musculo-squelettiques fixe (63).

Dans une étude de Benjamin J. Shore 2010 (63), des séries ont enregistré les résultats de la chirurgie de l'équin dans le cadre de la chirurgie multiniveaux à événement unique.

En moyenne, sept interventions chirurgicales ont été réalisées sur chaque patient, y compris l'allongement du gastro-soléus.

Les tendances globales ont démontré une augmentation de la dorsiflexion de la cheville lors du contact initial et une diminution du degré de flexion du genou lors du contact initial.

Tableau 74: Articles sur la chirurgie multi-niveaux à événement unique (63)

	Chirurgies supplém.	Nombre de sujets	Age moyen
Abel et al.	Add, RF, IJ, arthrodèse s/tal	27	8,7 ans
Adolfson et al.	RF, IJ, ostéotomie calc.	31	8,5 ans
Dietz et al.	RF, Add, jamb., ost. Calc.	79	7,7 ans
Gough et al.	Ost. F,RF, IJ, ost. Calc.,ost. Tib.	12	9,8 ans
Gough et al.	RF, jambier, ost. Tib., osteot calc.	12	6,4 ans
Kay et al.	Ost. Fem.,RF, IJ, POTB,ost. Tib.,transf. Tend.	54	9,8 ans
Lyon et al.	Add, RF, ost. Fem., IJ, arthrod.	14	9,1 ans
Rose et al.	RF, add, ost. Fem.,IJ, ost. Calc.	20	6 ans
Saraph et al.	RF,ost. Fem. add, IJ, ost. Calc., arthrod.	22	12,6 ans
Saraph et al.	RF, add, IJ, ost. Fem., transposition tib., arthrod.	32	11,1 ans
Segal et al.	Add, ost. Fem., IJ, ost. Calc., arthrod.	20	5,2 ans
Steinwender et al.	Ost. Fem., RF,add, IJ, orthrod, transp. Tib.	17	4,4 ans
Yngve et Chambers	Ost. Fem., RF, add, osteot. Calc.	33	9 ans
Zwick et al.	Ost. Fem., add, RF, IJ, ostéot. Calc. Arthrod.	17	11,2 ans
<b>Notre étude</b>	<b>Add, ost. Fem., RF, IJ, ost. Tib, arthrod.</b>	<b>22</b>	<b>8,43 ans</b>

La recession aponévrotique des gastrocnemius-soleus intramusculaire dans le cadre de la chirurgie à plusieurs niveaux est une méthode efficace qui corrige suffisamment la déformation en équin (64).

Dans une étude de Ahmet Aslan 2019 (156), une étude qui vise à comparer les patients traités par chirurgie multi-niveaux à événement unique et à événements chirurgicaux multiples (MSE) pour des troubles des membres inférieurs dus à la paralysie cérébrale. L'étude a inclus 130 patients, âge moyen 7,7 ans qui ont été rétrospectivement classés en préopératoire et lors du suivi final avec le système de classification de la fonction motrice brute (GMFCS). Les patients ont été divisés en deux groupes : le groupe 1, groupe à événements chirurgicaux multiples et le groupe 2 chirurgie multi-niveaux à événement unique. Au dernier suivi, le groupe 2 avait de meilleurs résultats que le groupe 1.

Pour cela, 22 patients de notre série qui présentaient en plus du pied équin d'autres atteintes orthopédiques, ont été opérés en chirurgie multiniveaux à événement unique (chirurgie multisite en un seul temps opératoire).

Selon Chang CH (157) 2020, beaucoup recommandent de différer la chirurgie orthopédique pour les troubles liés à la paralysie cérébrale chez les jeunes enfants. Cependant, l'âge est corrélé à la détérioration musculo-squelettique, et l'ajournement peut affecter les résultats chirurgicaux.

Dans une série de Zorer G 2004, 23 patients qui ont subi une chirurgie musculo-tendineuse multisite pour le traitement des rétractions au niveau des membres inférieurs, avec un âge moyen de 11,5 ans, en préopératoire, 13 patients pouvaient marcher, tandis que 10 patients ne pouvaient pas déambuler même avec un soutien, en post opératoire les 10 patients qui ne pouvaient pas marcher, 5 pouvaient se déplacer avec l'utilisation d'une marchette ou de béquilles. Tous les patients ont montré une amélioration d'au moins un niveau de GMFCS (158).

Dans une étude de Martin Svehlik 2011 une analyse rétrospective des résultats à long terme de la chirurgie multisite, 32 enfants qui avaient subi une chirurgie à événement unique à plusieurs niveaux entre 1995 et 2000 avec un âge moyen au moment de la chirurgie de 10,6 ans a montré que plus l'enfant était âgé au moment de l'intervention, meilleur était le résultat à long terme (133).

Dix-sept articles (32 études) (159), faisaient état de la cadence, de la longueur du pas et de la vitesse de marche avant et après une chirurgie à plusieurs niveaux à événement unique (tableau 74).

Tableau 75: Modifications des paramètres de distance temporelle après SEMLS (159)

Article	Follow-up time (yrs)	Sub-group	Stride length (cm)			Cadence (steps/min)			Velocity (cm/sec)		
			Norm values: 111–134 cm			Norm values: 118–130 steps/min			Norm values: 119–138 cm/sec		
			Pre	Post	Mean change	Pre	Post	Mean change	Pre	Post	Mean change
<b>General multi-level surgery</b>											
Dreher et al.[8]	1.0	HM	82 (21)	79 (23)	-3	123 (26)	104 (27)	-19	83 (23)	70 (30)	-13
		HL	82 (12)	91 (23)	+9	113 (13)	88 (37)	-25	78 (21)	71 (41)	-7
	3.1	HM	82 (21)	90 (23)	+8	123 (26)	115 (25)	-8	83 (23)	88 (28)	+5
		HL	82 (12)	95 (26)	+13	113 (13)	104 (27)	-9	78 (21)	84 (37)	+6
	8.1	HM	82 (21)	99 (20)	+17	123 (26)	114 (20)	-9	83 (23)	96 (28)	+13
HL		82 (12)	89 (24)	+7	113 (13)	104 (23)	-9	78 (21)	79 (35)	+1	
Rutz et al.[9]	1.8		88 (19)	98 (20)	+10	186 (34)	183 (39)	-3	83 (26)	90 (27)	+7
Saraph et al.[10]	3.3		95 (14)	113 (11)	+18	134 (14)	126 (10)	-8	106 (23)	119 (13)	+13
Saraph et al.[11]	1.0		95 (18)	103 (16)	+8	134 (16)	132 (18)	-2	105 (23)	114 (20)	+9
	2.3		95 (18)	108 (12)	+13	134 (16)	127 (11)	-7	105 (23)	114 (14)	+9
	4.4		95 (18)	110 (11)	+15	134 (16)	124 (11)	-10	105 (23)	114 (15)	+9
Zwick et al.[12]	3.8		97 (15)	111 (12)	+14	134 (16)	131 (8)	-3	108 (23)	121 (12)	+13
<b>Lever arm dysfunction</b>											
Saraph et al.[14]	3.1	D	98 (22)	114 (16)	+16	128 (10)	118 (4)	-10	103 (20)	113 (18)	+10
	3.2	H	104 (24)	106 (10)	+2	132 (17)	128 (22)	-4	113 (18)	114 (20)	+1
Dobson et al.[15]	2.9								109 (15)	114 (18)	+5
Ounpuu et al.[16]	1.0		77 (17)	82 (14)	+5 <sup>x</sup>	125 (30)	121 (30)	-4 <sup>x</sup>	84 (29)	85 (25)	+1 <sup>x</sup>
	5.0		77 (17)	102 (21)	+25 <sup>x</sup>	125 (30)	116 (26)	-9 <sup>x</sup>	84 (29)	102 (29)	+18 <sup>x</sup>
<b>Multi-level tendon lengthening surgery</b>											
Steinwender et al.[18]	3.4		95 (18)	107 (13)	+12	140 (16)	132 (11)	-8	110 (26)	118 (13)	+8
Adolfson et al.[19]	1.9		92 (11)	102 (14)	+10	136 (11)	128 (13)	-8	105 (16)	109 (17)	+4
Bernthal et al.[20]	1.7		66 (20)	75 (20)	+9	110 (32)	94 (32)	-16	63 (30)	69 (40)	+6
<b>Gait pattern</b>											
Cruz et al.[22]	1.5								83 (34)	84 (31)	+1
Dreher et al.[23]	1.0	RF	80 (20)	80 (20)	0	113 (28)	112 (29)	-1	80 (30)	80 (30)	0
	1.2	NRF	80 (20)	80 (20)	0	119 (18)	113 (25)	-6	80 (30)	80 (30)	0
Dreher et al.[24]	1.2	RF	80 (20)	80 (20)	0	125 (24)	115 (19)	-10	90 (30)	90 (20)	0
	1.0	PRF	80 (20)	80 (20)	0	110 (26)	82 (33)	-28	70 (20)	60 (30)	-10
	8.6	RF	80 (20)	100 (20)	+20	125 (24)	114 (21)	-9	90 (30)	100 (30)	+10
	8.9	PRF	80 (20)	80 (20)	0	110 (26)	96 (24)	-14	70 (20)	70 (30)	0
Presedo et al.[25]	2.2		109 (24)	116 (14)	-7	70 (30)	90 (20)	+20			
<b>Operative technique</b>											
Dreher et al.[27]	1.0		90 (20)	80 (20)	-10	124 (23)	109 (31)	-15	90 (20)	80 (30)	-10
	3.3		90 (20)	90 (20)	0	124 (23)	117 (18)	-7	90 (20)	90 (20)	0
	8.6		90 (20)	100 (20)	+10	124 (23)	113 (17)	-11	90 (20)	100 (20)	+10
Metaxiotis et al.[29]	3.1					118 (25)	103 (24)	-15			

L'avantage de cette chirurgie multisites en un seul temps est de corriger toutes les déformations orthopédiques dans le même temps opératoire, toute persistance d'une imperfection orthopédique peut entraîner un déséquilibre au niveau des autres étages aboutissant à un retour à l'état initial.

La chirurgie multisite en un seul temps permet de diminuer le nombre d'hospitalisations pour le malade, et de là la réduction du nombre d'anesthésies générales et donc une réduction du coût économique, et le retentissement sur la vie sociale de l'enfant à savoir sa vie scolaire, sociale et familiale.

Une étude faite à Clinic for Orthopaedic and Trauma Surgery, University Hospital, Heidelberg, Germany 2018 (160), a noté (77%) des enfants qui ont bénéficié d'une chirurgie multisite ont montré une amélioration cliniquement significative à long terme (figure n° 81).

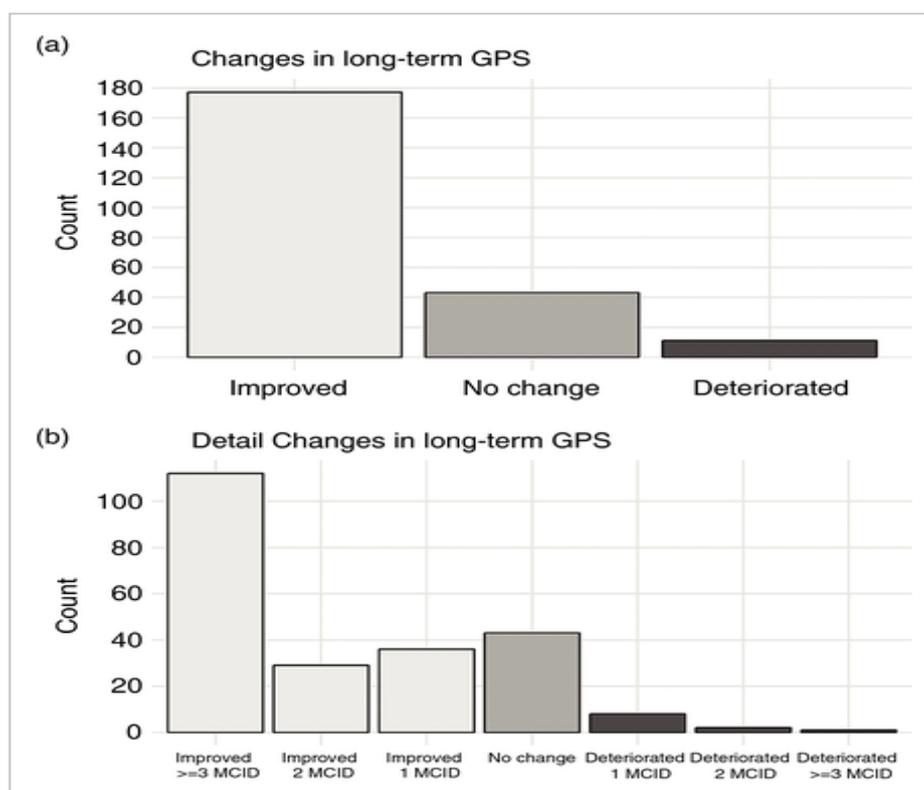


Figure 80: Changement individuel du score de profil de marche (GPS) entre le niveau de référence et le suivi à long terme après une chirurgie multi site (160).

Une étude récente faite par Tomos Edwards à Oxford Gait Laboratory (2018) (19) a identifié le candidat idéal pour chirurgie multisite en tant qu'enfant âgé de 10 à 12 ans, classé dans 1 niveau 2 du GMFCS.

Selon toutes les publications précédentes, une prévention réussie et précoce des rétractions musculo-tendineuses peut réduire le besoin d'une chirurgie corrective ultérieure, et faire arriver le patient à une seule chirurgie à plusieurs niveau à l'âge prépubertaire.

Dans notre série, 22 patients ont bénéficié d'une chirurgie multisite, 6 d'une chirurgie à événements chirurgicaux multiples, et 6 d'une chirurgie à un seul niveau (seulement l'équinisme du pied).

L'âge moyen des patients qui ont bénéficié d'une chirurgie multisite est de 8,43 ans, le nombre moyen d'intervention est de 3,35 interventions par patient, aucun de ces patients n'a présentait de récives.

L'âge moyen des enfants ayant bénéficié de chirurgies multiples est de 10,16 ans (âge pris à la dernière intervention), la dernière intervention est une chirurgie multisite suite à l'apparition d'autres atteintes orthopédiques qui sont survenues lors la croissance.

L'âge moyen des patients ayant subit une seule intervention est 7,33 ans.

Dans notre série l'âge moyen de la chirurgie multisite est nettement inférieur aux autres séries et ceci est dû probablement à :

- Une consultation pluridisciplinaire qui n'est pas toujours disponible partout en Algérie. Le but de la consultation multidisciplinaire est d'essayer de proposer l'option thérapeutique la plus adaptée au bon temps (161).
- L'absence d'un laboratoire de marche pour le suivi des patients marchants et ne pas pouvoir detecter au momenet necessaire une éventuelle perturbation de la marche par déséquilibre musculaire.
- Le traitement de la spasticité chez nous est dans la majorité des cas soit tardif par méconnaissance de la pathologie par les parents les amenant ainsi à consulter qu'au stade d'anomalies secondaires voire même tertiaires, soit menée d'une manière irrégulière vu la non disponibilité des centres de rééducation en dehors des chefs lieu de la wilaya ce qui rend

difficile aux parents des enfants paralysés cérébraux de rejoindre ces centres de manière régulière.

- Le statut socio-économique bas ne permettant pas aux parents un suivi régulier de leur enfant paralysé cérébral.
- Le manque de centres de rééducation en dehors du centre hospitalo-universitaire ce qui le rend inaccessible pour les malades qui habitent à la périphérie.
- Les troubles cognitifs liés à la maladie peuvent gêner la conduites des séances de rééducation.
- Les douleurs engendrées par la maladie peuvent limiter la rééducation régulière et continue.
- La pandémie Covid 19 qui a limité le déplacement des patients vers le chef lieu de la wilaya pour pouvoir poursuivre leurs séances de kinesithérapie et de rééducation.

Alors que Voussal Mahmudov 2015 (162), a étudié rétrospectivement s'il existe des différences cliniques et fonctionnelles entre les chirurgies à plusieurs niveaux à événement unique et les événements chirurgicaux multiples à un seul niveau. Cette étude n'a présenté aucune différence statistiquement significative en termes d'effets des chirurgies orthopédiques à événement unique par rapport aux chirurgies orthopédiques à événements multiples sur les niveaux de GMFCS et de Wee-FIM.

Les résultats d'une étude faite par Erika Clodt 2021 sont cohérents avec ceux d'une étude précédente (Nordmark et al. 2009 ) qui a rapporté une diminution de l'amplitude de mouvement à partir de 2 ans dans toutes les articulations des membres inférieurs. Ensemble, ces résultats suggèrent que la rétraction doit être traitée tôt étant donné que les amplitudes articulaires semblent diminuer avec le temps. Clodt et al. ( 2018 ) ont constaté que la longueur des ischio-jambiers, mesurée par l'angle poplité unilatéral, et la dorsiflexion du pied sont fortement associées au développement de la rétraction des muscles genou, tandis que la spasticité avait un effet significativement plus faible. La rétraction des muscles des membres inférieurs affecte la position mécanique des articulations touchées et adjacentes et peut empêcher les mouvements et les forces normaux autour de l'articulation en équin, ce qui peut augmenter le risque de rétractions supplémentaires (163).

Dans la série de Erika Cloodt 2021, et au cours des 10 années de suivi, 937 membres inférieurs (20 %) avaient été opérées. L'opération la plus courante était la chirurgie des tissus mous de la hanche (316 membres inférieurs, 6,7 %), suivie de la chirurgie des tissus mous du pied (201 membres inférieurs, 4,2 %) et la chirurgie osseuse (ostéotomie) de la hanche (151 membres inférieurs 3,2 %). Les âges médians étaient de 4 ans pour la chirurgie des tissus mous de la hanche, de 7 ans pour la chirurgie des tissus mous du pied et de 6,5 ans pour la chirurgie osseuse de la hanche (163).

La chirurgie dans notre série allait de la chirurgie musculo-tendineuse à un seul niveau (chirurgie du pied équin) à des procédures osseuses (ostéotomies tibiales et/ou fémorales) et/ou des tissus mous à plusieurs niveaux (chirurgie multisite adducteurs, ischio-jambiers et/ou gastro-soléus).

Dans notre série, l'indication opératoire est posée dès que la déformation orthopédique devient invalidante, mais certaines déformations modérées ont été acceptées et épargnées initialement de la chirurgie, et doivent poursuivre une kinésithérapie intensive et régulière afin d'éviter l'aggravation des troubles et ont bénéficié d'une chirurgie multi-site le plus proche de la fin de croissance.

La dégradation des fonctions des membres inférieurs nous a imposé d'intervenir précocément dès l'âge de 6 ans.

En conclusion, concernant la chirurgie du pied équin, rentrant dans le cadre de la chirurgie multisite, plus l'âge est retardé meilleurs sont les résultats.

Mais il est préférable de faire cette chirurgie multisite en un seul temps opératoire plus tôt, ou bien différer les temps osseux en second temps après avoir fait des renforcements musculaires juste après la chirurgie des tissus mous.

### **7.3.5. Discussion selon la consultation et la prise en charge pluridisciplinaire**

La réalisation de ce travail nous a montré les problèmes rencontrés par l'enfant paralysé cérébral depuis sa naissance jusqu'à l'âge adulte, allant de la prise en charge lors de la période néonatale, ensuite le développement de l'enfant et les conséquences du contrôle postural qui nécessite une prise en charge multi-disciplinaire la plus adaptée possible, cette prise en charge pluridisciplinaire permet de détecter les difficultés de l'enfant, de reconnaître ses capacités pour les utiliser lors de la prise en charge.

Dans un article de Sheffali Gulati 2018 (164), la prise en charge implique la rééducation neurologique (traitement des anomalies tonales musculaires et la conception de thérapies physiques et professionnelles) ainsi que la prise en charge des comorbidités (y compris l'épilepsie, les troubles de la cognition, de la vision, de l'audition et des troubles de la croissance et de la fonction gastro-intestinale). La prise en charge est donc multidisciplinaire impliquant le médecin traitant travaillant avec une équipe de rééducation-, orthopédique-, psychologique-

L'intervention masso-kinésithérapique doit être la plus précoce possible, celle-ci permet de mettre en évidence tout déséquilibre pouvant aboutir à une déformation orthopédique nécessitant l'intervention d'un chirurgien pédiatre orthopédiste.

Dans une publication de Thomas Michael O'Shea 2008 (165) on a montré qu'une grande majorité des enfants atteints de paralysie cérébrale souffrent de spasticité. Une gestion active de la spasticité est nécessaire pour prévenir les contractures et déformations douloureuses et favoriser une fonction optimale, cette prise en charge est généralement assurée par des équipes multidisciplinaires comprenant des kinésithérapeutes, des chirurgiens orthopédistes et des physiatres. La physiothérapie est largement acceptée comme une composante de la prise en charge standard.

Un pédopsychiatre doit accompagner l'enfant lors de son développement vu que les enfants souffrant d'une paralysie cérébrale ont plus souvent des problèmes psychologiques, en particulier les enfants atteints d'une déficience motrice faible.

Andrew G Georgiadis 2017 insiste sur la prise en charge clinique des enfants handicapés physiques qui doit être une priorité majeure pour les pédiatres et les chirurgiens

orthopédistes pédiatriques, une prise en charge pluridisciplinaire dans laquelle les manifestations musculo-squelettiques du handicap sont identifiées par des programmes de dépistage. Le dépistage systématique, en particulier lorsqu'il est basé sur la population et lié à un registre, évite que les enfants ne se « perdent dans le système » (166).

La prise en charge pédiatrique nécessite l'établissement d'un projet thérapeutique en accord avec les parents.

Dans notre étude, les enfants pris en charge sont divisés en 2 groupes :

- 1<sup>er</sup> groupe opéré à l'EHS mère-enfants de Tlemcen.
- 2<sup>ème</sup> groupe opéré à l'EHS Canastel d'Oran.

Il faut savoir que la consultation pluridisciplinaire a plusieurs avantages non négligeables notés dans les études sus citées (Sheffali Gulati 2018, Thomas Michael O'Shea 2008 et Andrew G Georgiadis 2017).

A l'EHS de Canastel, il y a une consultation pluridisciplinaire faite : d'un orthopédiste pédiatre, d'un spécialiste en médecine physique et réadaptation et d'un kinésithérapeute qui sont permanents ; d'un orthophoniste et d'un psychologue à la demande.

L'objectif de cette concertation pluridisciplinaire c'est d'établir un calendrier thérapeutique précisant le moindre détail dans le protocole de prise en charge, avec le timing des interventions chirurgicales afin de programmer la rééducation postopératoire immédiatement après ablation de la contention plâtrée.

A l'EHS mère-enfants de Tlemcen, il n'y a certes pas de consultation pluridisciplinaire, mais il y a une concertation préalable entre le médecin en médecine physique et réadaptation et le chirurgien orthopédiste pédiatre concernant l'indication chirurgicale et la prise en charge postopératoire, en sachant que le kinésithérapeute est présent sur place au service de chirurgie infantile pour appliquer le protocole postopératoire immédiat établi par le médecin rééducateur.

Tout ceci démontre l'importance de la collaboration entre les différents spécialistes qu'il faudra élargir en fonction des besoins de chaque patient.

### **7.3.6. Discussion selon la rééducation post-opératoire**

Tous nos patients opérés qui ont eu un suivi régulier en rééducation ont amélioré leur résultats postopératoires.

Des débuts de regression orthopédique ont été observés chez des patients à niveau socio-économique bas pour qui le suivi au delas de 6 mois en rééducation était contraignant.

Un patient a été particulier, il n'a pas eu de récupération complète d'un appui plantigrade, c'est un enfant quadriplégique qui a bénéficié d'injections de toxine botulique suite auxquelles on n'a noté aucune amélioration, l'enfant a été orienté pour une neurotomie chirurgicale.

La moyenne d'âge de nos enfants opérés est de 8,76 ans, avec le maximum d'âge chez deux garçons de 14 ans qui étaient en préopératoire en triple flexion et qui ont perdu progressivement la marche, la durée de leur prise en charge en rééducation était plus longue que les autres patients avec présences de douleurs.

L'allongement du triceps sural a permis une détente des releveurs du pied, ce qui a nécessité un temps de rééducation d'une moyenne de 3 mois.

L'allongement des ischio-jambiers a permis une détente du quadriceps avec la disparition de l'angle mort a mis une moyenne 4,5 mois de rééducation.

## 7.4. Complications post-opératoires

### 7.4.1. Propres à notre chirurgie

#### 7.4.1.1. Récidive de l'équinisme du pied

Dans une série de S Gaytán-Fernández 2020 (132), faite de 55 patients, 74 pieds équins (29 chez les filles, 45 chez les garçons) ont été analysés avec traitement chirurgical. Ceux traités avant l'âge de six ans présentaient des rechutes, avec une période de vulnérabilité en 4 à 6 ans

Frederick R Dietz en 2006 (167), a étudié le devenir de patients opérés pour pied équin paralytique par un allongement du tendon d'Achille (en Z ou HOKE) et il a conclu que la procédure d'allongement du tendon d'Achille entraîne un taux d'échec élevé de type effondrement par marche calcanéenne due à un affaiblissement du Triceps sural chez le Diplégique (ou le quadriplégique) de telle sorte à la nécessité d'une orthèse antéro postérieure de maintien.

Dans une série de Shore B.J. 2010 (63), les taux de récurrence globaux variaient de 0 à 43 %, mais cela augmentait jusqu'à 62 % lorsque des sous-groupes spécifiques étaient pris en compte.

En effet, il est conclu que dans les formes bilatérales, le geste d'allongement du tendon d'Achille, soit en zone 3 (distale) expose plus au risque de complications de type « pied talus » en comparaison à la forme hémiparalytique où le membre sain compense cette faiblesse iatrogène.

Dans notre série, 5 pieds équins ont récidivé, soit 8,33%,

- 1 pied opéré à l'âge de 6 ans par la technique de Vulpius
- 2 pieds opérés par technique de Hoke,
- 2 pieds chez qui la rééducation postopératoire a été suivie anarchiquement et les orthèses abandonnées par le patient.

La rééducation post opératoire est un élément capital pour la prise en charge de la paralysie cérébrale ;

En plus de la difficulté à l'application du calendrier thérapeutique complet de la rééducation postopératoire et du port des orthèses s'ajoute la non compliance des parents de patients à ce traitement, pour cela les récives a été plus fréquentes en cas de chirurgie isolée.

Le patient opéré à l'âge de 6 ans a présenté une récive de par la chirurgie dès son jeune âge (référence retarder au maximum chirurgie), mais ceci est parfois difficilement applicable avec nos conditions réelles sur le terrain pour la prise en charge continue et à long terme dès le jeune âge et jusqu'à , au mieux la période prépubertaire pour réaliser la chirurgie ;

Nos patients sont donc plus tôt (donc plus jeunes) en équin avec plus de rétractés que les patients des différentes séries étrangères.

#### **7.4.1.2. Echec au traitement chirurgical**

Dans notre étude, 2 pieds chez le même patient présentant une quadriplégie ont obtenu une amélioration de l'équin sans correction totale à moyen terme. Une hyperspasticité persistante a été retrouvée et le diagnostic de pied équin mixte a été posé, l'enfant fût orienté en médecine physique et réadaptation où un schéma d'injections de toxine botulique a été instauré mais sans résultats. L'enfant a bénéficié d'une neurotomie tibiale postérieure ce qui a réduit l'équin avec un appui plantigrade des 2 pieds.

Dans une étude de P. Lebarbier 2009 (81), portant sur des pieds équins dynamiques traités par neurotomie des jumeaux chez 42 enfants IMC et a obtenu 61% de bons ou très bons résultats et 19% de résultats insuffisants ou nul.

Une publication de Msaddi et al. (54), concernant la neurotomie du nerf tibial postérieur chez 28 enfants paralysé cérébral note une correction de l'équin dans tous les cas où celui-ci était induit par une spasticité pure soit 24/28 cas, une orthèse était encore nécessaire dans 3 cas.

Dans une étude de Deltombe T 2001 (168), tous les paramètres à l'exception de la dorsiflexion passive de la cheville, ont été améliorés 1 et 2 ans après la neurotomie tibiale sélective (Tableau n° 76).

**Tableau 76: Spasticité (échelle d'Ashworth), force musculaire (échelle du Conseil de recherches médicales) et amplitude de mouvement passive de la cheville (médiane) après la neurotomie tibiale sélective (168)**

Outcome Measure	Pretreatment	2 Months	1 Year	2 Years
<b>Spasticity (Ashworth)</b>				
Triceps surae	3 [3;4]	0 [0;1] <i>P</i> <.001*	0 [0;1] <i>P</i> <.001*	1 [0;1] <i>P</i> <.001* <i>P</i> =.002 <sup>‡</sup>
Tibialis posterior	1 [0;2]	0 [0;0] <i>P</i> <.001*	0 [0;0] <i>P</i> <.001*	0 [0;0] <i>P</i> <.001*
Quadriceps	2 [1;2]	2 [1;2]	2 [1;2]	2 [1;2]
Hamstrings	2 [1;2]	1 [1;2]	1 [1;2]	1 [1;2]
<b>Muscle strength (Medical Research Council)</b>				
Triceps surae	3 [2;4]	1 [1;2] <i>P</i> <.001*	2 [1;3] <i>P</i> <.001* <i>P</i> =.005 <sup>†</sup>	3 [2;4] <i>P</i> <.001 <sup>‡</sup>
Tibialis anterior	4 [3;4]	4 [3;4]	4 [4;4]	4 [4;4] <i>P</i> =.004*
<b>Passive ankle dorsiflexion (°)</b>				
Flexed knee	5 [0;10]	15 [10;20] <i>P</i> <.001*	12 [10;20] <i>P</i> <.001*	10 [10;15] <i>P</i> =.001 <sup>‡</sup>
Extended knee	0 [-10;5]	5 [0;10] <i>P</i> <.001*	5 [-2;10]	5 [-5;10]

\*Significant difference versus pretreatment values.

<sup>†</sup>Significant difference at 1 year versus 2 months.

<sup>‡</sup>Significant difference at 2 years versus 2 months.

Dans la série de Sindou et al., une suppression de toutes les composantes spastiques néfastes a été obtenue dans 82 % des cas (169).

#### **7.4.1.3. La marche calcanéenne**

Dans une série de Shore B.J. 2010 (63), une marche calcanéenne a été observée en postopératoire dans les trois zones chirurgicales, avec des taux d'occurrence légèrement différents. Douze études ont rapporté le taux de démarche calcanéenne pour les interventions chirurgicales dans la zone 3. Neuf études ont rapporté le taux de démarche calcanéenne après des interventions chirurgicales dans la zone 2. Cinq études ont rapporté le taux de calcanéum après des interventions chirurgicales de zone 1

Une série de Saraph et al. (170) sur la procédure de Baumann aucune démarche calcanéenne chez 22 enfants et adolescents (28 membres) atteints de diplégie spastique ayant subi une chirurgie multisite en un seul événement n'a été rapportée. la procédure de Baumann a amélioré la fonction de la cheville de manière significative et n'a pas entraîné d'affaiblissement du triceps sural.

Dans notre série faite de 60 pieds, aucune démarche calcanéenne n'a été retrouvée.

#### **7.4.2. Communes à toute chirurgie orthopédique**

Beaucoup de complications sont communes à toute la chirurgie orthopédique : hématomes, infections superficielles ou profondes, névromes superficiels et zones d'anesthésie à côté de la cicatrice, cicatrices sensibles ou hypertrophiques, nécroses cutanées, escarres, blessures vasculaires.

Dans notre série, nous n'avons eu aucune de ces complications.

## **7.5. Limites de l'étude**

Avant d'établir la stratégie thérapeutique, le clinicien devra comprendre l'origine des troubles de la marche. Pour les troubles complexes de la marche, le clinicien pourra demander un examen complémentaire de la marche appelé analyse quantifiée de la marche (AQM) ou Clinical Gait Analysis en anglais (47).

L'analyse quantifiée de la marche est devenue un outil d'évaluation incontournable dans la démarche diagnostique clinique et thérapeutique chez l'enfant paralysé cérébral marchant/déambulant. L'analyse du mouvement permet de compléter la référence statique avec une évaluation dynamique de chaque articulation. La complexité des troubles neuromoteurs, cognitifs et psychocomportementaux ainsi que leurs intrications chez le paralysé cérébral imposent une approche plurielle (51).

Notre étude a été limitée par la non disponibilité d'un laboratoire de marche afin de réaliser une analyse quantifiée de la marche pré et postopératoire.

## **CONCLUSION**

## Conclusion

Arrivés au terme de notre travail, il nous paraît important de souligner certains points concernant les résultats que nous avons obtenu.

En effet, la prise en charge du pied équin de l'enfant paralysé cérébral ne consiste pas en un traitement d'un pied mais en une prise en charge commune et pluridisciplinaire.

Le traitement chirurgical du pied équin du paralysé cérébral répond a des règles :

- Le choix des techniques chirurgicales se fait en fonction du degrés de réductibilité de l'équin
- Pour la chirurgie du triceps sural ; plus elle est faite en distal meilleurs sont les résultats, mais avec deux principaux risques : une récurrence de l'équin plus fréquente et plus précoce, et un risque d'affaiblissement de ce muscle exposant à un effondrement en triple flexion de ce patient paralysé cérébral.
- Pour éviter ce risque, il faut éviter au maximum la chirurgie en zone 3 (en distal) chez l'enfant paralysé présentant un pied équin bilatéral, alors qu'on peut la réaliser sans grand danger chez l'hémiplégique chez lequel le côté sain joue un rôle de compensation
- Le recours à la chirurgie nerveuse est indiqué en cas de spasticité distale non contrôlé par la toxine botulique.

L'âge de prise en charge chirurgicale du pied équin doit être retardé au maximum avec un âge minimum interventionnel de 6 ans car la règle est que plus l'enfant est jeune lors de cette chirurgie plus le risque de récurrence de l'équin est grand et précoce. Il est préférable de retarder la chirurgie du pied équin tout en tolérant un discret équisme compensable par une semelle placée à l'intérieur de la chaussure. Et l'indication chirurgicale doit être retardée pour arriver à la chirurgie multi-niveaux à événement unique (chirurgie multisite en un seul temps opératoire) qui donne de meilleurs résultats que la chirurgie à événements chirurgicaux multiples (chirurgie multisite en plusieurs temps opératoires).

L'âge de la chirurgie multi-site doit être retardé au maximum pour se rapprocher au mieux de la fin de la croissance afin d'éviter les récurrences dues à un muscle spastique raccourci qui ne parvient pas à suivre la croissance de l'os adjacent ; ce muscle va entraîner alors une déformation des articulations et des os. Les muscles antagonistes aux muscles spastiques sont difficiles à commander et les mouvements articulaires ne se font pas dans l'amplitude complète. Ainsi, le déséquilibre musculaire et les déformations s'aggravent.

Par contre il faut agir assez tôt sur les tissus mous pour permettre une prise en charge optimale en rééducation fonctionnelle et une amélioration du schéma de la marche et donc retarder au maximum les déformations orthopédiques.

La prise en charge commence par une consultation pluridisciplinaire qui va définir ou instaurer un calendrier thérapeutique avec un protocole détaillé synchronisé entre la chirurgie orthopédique et la rééducation postopératoire qui va donner de meilleurs résultats.

A défaut de la consultation pluridisciplinaire, la simple concertation entre l'orthopédiste, le spécialiste en médecine physique et réadaptation, comme cela été le cas pour certains de nos patients, et qui a permis, de meilleurs résultats avec une détection précoce des récives et une prise en charge optimale de ces dernières.

## ***Recommandations et perspectives***

Les perspectives envisagées dans le cadre de la prise en charge d'un enfant paralysé cérébral sont à plusieurs niveaux :

**1. Au niveau local :**

- La création d'un registre national du paralysé cérébral
- La création d'une consultation pluridisciplinaire intégrant obligatoirement le chirurgien orthopédiste pédiatre, le spécialiste en médecine physique réadaptation, le kinésithérapeute, et, à la demande intégrer en fonction de chaque patient un pédiatre, un orthophoniste, un psychologue, un ergothérapeute. le rythme, de consultation, doit être en fonction de la fréquence de la pathologie allant d'une consultation mensuelle à une consultation hebdomadaire si le nombre est trop important.
- Création d'une consultation de neuropédiatrie qui pourra faire appel au chirurgien orthopédiste et rééducateur dès les 1ères consultations de patients à haut risque de paralysie cérébrale.
- Création de formations continues des kinésithérapeutes en pathologie neuro-orthopédique car ils sont les premiers à détecter la spasticité avec un risque ultérieur de rétractions et de déformations.

**2. Au niveau régional :**

- Création d'un laboratoire d'analyse quantifiée de la marche

**3. Au niveau national :**

- Création d'un registre national du paralysé cérébral dans le cadre d'un plan national de la prévention et l'insertion des personnes handicapées.
- Création d'un programme national de formation continue au niveau du ministère de la santé :
  - Formation continue médicale : des médecins généralistes pour la détection et le contrôle des paralysés cérébraux
  - Formation continue paramédicale : des kinésithérapeutes en pathologie neuro-orthopédique de la paralysie cérébrale
- La chirurgie nerveuse : développement de l'apprentissage de la chirurgie nerveuse :

- Intégration de l'enseignement de la microchirurgie (théorie et pratique) au programme nationale pour l'obtention du diplôme de l'enseignement médical spécialisé de chirurgie pédiatrique
- Création d'un CES de microchirurgie accessible aux médecins résidents et aux médecins spécialistes de chirurgie pédiatrique.
- La réanimation néonatale :
  - Création de services de néonatalogie de façon uniforme dans les différentes structures hospitalo-universitaires sur tout le territoire national
  - Développé la réanimation néonatale pour améliorer le pronostic vital des nouveaux nés tout en conservant un pronostic fonctionnel avec un minimum de séquelles.

# ***BIBLIOGRAPHIE***

## Bibliographie

1. Rutz E, McCarthy J, Shore BJ, Shrader MW, Veerkamp M, Chambers H, et al. Indications for gastrocnemius lengthening in ambulatory children with cerebral palsy: a Delphi consensus study. *Journal of children's orthopaedics*. 2020;14(5):405-14.
2. Horsch A, Klotz MCM, Platzer H, Seide S, Zeaiter N, Ghandour M. Is the Prevalence of Equinus Foot in Cerebral Palsy Overestimated? Results from a Meta-Analysis of 4814 Feet. *J Clin Med*. 2021;10(18):1-13.
3. Wang B, Chen Y, Zhang J, Li J, Guo Y, Hailey D. A preliminary study into the economic burden of cerebral palsy in China. *Health Policy*. 2008;87(2):223-34.
4. Atlas Musculaire [Internet]. U of Washington Department of Radiology. 1997 [cited 14-04-2020]. Available from: <https://rad.washington.edu/muscle-atlas/>.
5. Kamina P. Anatomie clinique: Tome 1, Anatomie générale, membres. 4<sup>ème</sup> édition ed. Maloine, editor. Paris 2009. 571 ISBN 978-2-224-03183-1 p.
6. COLAS L. Les Aponévroses du Muscle Gastrocnémien: Bases Anatomiques des Aponévrotomies et Ténotomies (thèse). Nantes: université de Nante; 2007. 36p.
7. Maestro M, Ferre B. Anatomie fonctionnelle du pied et de la cheville de l'adulte. *Revue du rhumatisme monographies*. 2014;81(2):61-70.
8. Javors JR, Klaaren HE. The Vulpius procedure for correction of equinus deformity in cerebral palsy. *Journal of pediatric orthopedics*. 1987;7(2):191-3.
9. Racinet C, Cans C. Paralysie cérébrale et responsabilité obstétricale. *Revue de médecine périnatale*. 2010;2(4):161-4.
10. Picard A. Prise en charge des enfants IMC et IMOC du diagnostic à l'âge adulte. *La Lettre du neurologue*. 2001;5 (4) :418-21.
11. Patel DR, Neelakantan M, Pandher K, Merrick J. Cerebral palsy in children: a clinical overview. *Translational Pediatrics*. 2020:125-35.
12. Bernard J-C. La marche de l'infirmes moteur cérébral enfant et adulte: Springer Science & Business Media; 2005: ISBN 2287251804. 169p p.
13. Mlodawski J, Mlodawska M, Pazera G, Michalski W, Domanski T, Dolecka-Slusarczyk M, et al. Cerebral palsy and obstetric-neonatalogical interventions. *Ginekol Pol*. 2019;90(12):722-7.
14. Seetha V. Évaluation du traitement de l'équin chez l'enfant par la toxine botulique: approche multidisciplinaire au centre hospitalier d'Annecy [Doctorat en médecine]. Faculté de médecine de Grenoble: Joseph Fourier; 2008: 135p.
15. Achache V, Katz R. Dysfonctionnement de circuits neuronaux spinaux impliqués dans la motricité chez des patients présentant une paralysie cérébrale spastique. *Motricité Cérébrale: Réadaptation, Neurologie du Développement*. 2013;34(3):79-86.
16. Cadiet B. Rééducation fonctionnelle de la marche chez une patiente atteinte d'une paralysie cérébrale de type diplégie spastique opérée multisite: L'apport de l'isocinétisme, en complément d'une prise en charge «classique» (thèses). pays de la Loire 2014 : 57p.
17. Harb A, Kishner S. Modified Ashworth Scale. *StatPearls* [Internet]. 2020:[<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554572/> p.].
18. Bérard C. La paralysie cérébrale de l'enfant: Guide de la consultation-Examen neuro-orthopédique du tronc et des membres inférieurs. 2<sup>ème</sup> édition ed. médical s, editor: Sauramps médical; 2010. 265 p ISBN 9782840236634 p.
19. Idrissi De. prise en charge chirurgicale du pied d'un enfant portant une paralysie cérébrale : expérience du service d'orthopédie traumatologie pédiatrique au CHU Mohammed VI de Marrakech [Doctorat en médecine]. faculté de médecine et de pharmacie Marrakech: Université CAIDI AYYAD; 2019: 148p.

20. Bernardeau C, Cataix-Negre E, de Barbot F, Guillot I, Khouri N, Le Métayer M, et al. Comprendre la paralysie cérébrale et les troubles associés: Evaluations et traitements. 2<sup>ème</sup> édition ed. Masson E, editor: Elsevier Health Sciences; 2017. 553 ISBN 978-2-294-74530-0 p.
21. Cottalorda J, Violas P, Seringe R, Orthopaedics FSoP. Neuro-orthopaedic evaluation of children and adolescents: A simplified algorithm. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2012;98(6):146-53.
22. Sivaramakrishnan S, Seal A. Fifteen-minute consultation: A child with toe walking. *Archives of disease in childhood Education and practice edition*. 2015;100(5):238-41.
23. Roubertie A, Mercier M, Humbertclaude V. Marche sur la pointe des pieds 2010 [Available from: <https://pap-pediatrie.fr/douleur-neuro/marche-sur-la-pointe-des-pieds>].
24. Toan TV. Étude comparative de l'initiation de la marche et du rattrapage de l'équilibre entre les enfants atteints de paralysie cérébrale et les enfants avec un développement normal [Doctorat sciences du sport et mouvement humain]: Université Paris Saclay 2015: 185p.
25. Boulard Cm. Caractérisation des propriétés passives des muscles fléchisseurs plantaires chez l'enfant Paralysé Cérébral spastique: Application aux étirements musculo-tendineux [doctorat en motricité humaine et handicap]. université Jean MONNET Saint-Etienne: Lyon; 2020: 160p.
26. Gough M, Shortland AP. Could muscle deformity in children with spastic cerebral palsy be related to an impairment of muscle growth and altered adaptation? *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2012;54(6):495-9.
27. Barrett RS, Lichtwark GA. Gross muscle morphology and structure in spastic cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2010;52(9):794-804.
28. Barber L, Barrett R, Lichtwark G. Medial gastrocnemius muscle fascicle active torque-length and Achilles tendon properties in young adults with spastic cerebral palsy. *Journal of biomechanics*. 2012;45(15):2526-30.
29. Willerslev-Olsen M, Choe Lund M, Lorentzen J, Barber L, Kofoed-Hansen M, Nielsen JB. Impaired muscle growth precedes development of increased stiffness of the triceps surae musculotendinous unit in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2018;60(7):672-9.
30. Benard MR, Harlaar J, Becher JG, Huijing PA, Jaspers RT. Effects of growth on geometry of gastrocnemius muscle in children: a three-dimensional ultrasound analysis. *Journal of anatomy*. 2011;219(3):388-402.
31. Weide G, Huijing PA, Maas JC, Becher JG, Harlaar J, Jaspers RT. Medial gastrocnemius muscle growth during adolescence is mediated by increased fascicle diameter rather than by longitudinal fascicle growth. *Journal of Anatomy*. 2015;226(6):530-41.
32. Mockford M, Caulton JM. The Pathophysiological Basis of Weakness in Children With Cerebral Palsy. *Pediatric Physical Therapy*. 2010;22(2):222-33.
33. Ito J-i, Araki A, Tanaka H, Tasaki T, Cho K, Yamazaki R. Muscle histopathology in spastic cerebral palsy. *Brain and Development*. 1996;18(4):299-303.
34. Schless S-H, Cenni F, Bar-On L, Hanssen B, Goudriaan M, Papageorgiou E, et al. Combining muscle morphology and neuromotor symptoms to explain abnormal gait at the ankle joint level in cerebral palsy. *Gait & posture*. 2019;68:531-7.
35. Skeletal Muscle in Cerebral Palsy: From Belly to Myofibril [Internet]. 2021.
36. Chruscikowski E, Fry NR, Noble JJ, Gough M, Shortland AP. Selective motor control correlates with gait abnormality in children with cerebral palsy. *Gait & posture*. 2017;52:107-9.
37. van der Krogt MM, Doorenbosch CA, Harlaar J. The effect of walking speed on hamstrings length and lengthening velocity in children with spastic cerebral palsy. *Gait & posture*. 2009;29(4):640-4.
38. Willerslev-Olsen M, Lorentzen J, Nielsen JB. Gait training reduces ankle joint stiffness and facilitates heel strike in children with Cerebral Palsy. *NeuroRehabilitation*. 2014 35(4 : 643-655).
39. Westhoff B, Weimann-Stahlschmidt K, Krauspe R. [Spastic equinus foot]. *Der Orthopade*. 2011;40(7):637-47.

40. Aboelenein AM, Fahmy ML, Elbarbary HM, Mohamed AZ, Galal S. Calcaneal lengthening for the pes planovalgus foot deformity in children with cerebral palsy. *Journal of clinical orthopaedics and trauma*. 2020;11(2):245-50.
41. Woodmass JM, Johnson NR, Cates RA, Krych AJ, Stuart MJ, Dahm DL. Medial patellofemoral ligament reconstruction reduces radiographic measures of patella alta in adults. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2018;6(1):5
42. Vergara-Amador E, Davalos Herrera D, Guevara OA. Normal values of 3 methods to determine patellar height in children from 6 to 12 years. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2018;62(6):442-7.
43. Bérard C, Vuillerot C. Quels examens pour le suivi de l'enfant infirme moteur cérébral marchant? La marche de l'infirme moteur cérébral enfant et adulte. 2005:13-22.
44. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*. 1997;39(4):214-23.
45. Willems P, Schepens B, Detrembleur C. Marche normale. *Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation*2012; 8(1). p. 1-30.
46. Fusco N. Analyse, modélisation et simulation de la marche pathologique [Doctorat de l'Université Rennes 2]: université Rennes 2; 2008: 182p.
47. Armand S, Bonnefoy A, Hoffmeyer P, De Coulon G. Analyse quantifiée de la marche: mode d'emploi. *Revue médicale suisse*. 2015;11(490):1916-20.
48. HACQUES H. Evaluation de la marche et paralysie cérébrale Enquête sur la pratique des professionnels [Mémoire UE28]. PAYS DE LA LOIRE2020: 73p.
49. Viehweger E, Karger C, Bérard C, Penneçot G, De Lattre C, Cunin V. Faut-il un laboratoire de marche pour traiter un enfant atteint de paralysie cérébrale? *Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique (Print)*. 2011;97(7):758-67.
50. Benz H. L'intérêt de l'analyse quantifiée de la marche (AQM) dans le choix thérapeutique d'une jeune patiente paraplégique incomplète, à la suite d'une tumeur intramédullaire traitée chirurgicalement [Diplôme d'Etat de Masseur-Kinésithérapeute]. pays de la Loire: institut Régional de Formation aux Métiers de Rééducation et Réadaptation des Pays de la Loire; 2016: 47p.
51. Quentin V, Meurin F, Achache V, Fizman A, Renaud D. De l'évaluation au traitement: comment l'analyse quantifiée de la marche (AQM) modifie notre regard sur le jeune IMC marchant/déambulant. Springer, editor2005: 23-44.
52. Pouliot-Laforte A. Déterminants des capacités de marche chez des enfants et des adolescents avec une paralysie cérébrale spastique bilatérale: évaluation par l'analyse quantifiée de la marche [Doctorat en biologie]. Québec: Université du Québec à Montréal; 2019: 226p.
53. Park KB, Park H, Park BK, Abdel-Baki SW, Kim HW. Clinical and Gait Parameters Related to Pelvic Retraction in Patients with Spastic Hemiplegia. *J Clin Med*. 2019;8(5):11.
54. Lahrahe A. Les aspects orthopédiques du pied de l'enfant infirme moteur cérébral à propos de 100 cas [Doctorat en Médecine]. faculté de médecine et de pharmacie Rabat: Mohamed V; 2009: 138p.
55. Khalil N. Neurotomie tibiale et pied équin spastique chez l'hémi-parétique marchant: place d'une évaluation baropodométrie dans l'aide à la décision chirurgicale [Doctorat en médecine]. Nancy: Université de Lorraine; 2013: 138p.
56. Rafidison-Barre H. Effets du traitement de l'équinisme par toxine botulique chez l'enfant de type A et plâtres progressifs chez des enfants infirmes moteurs cérébraux diplégiques [Doctorat en médecine]. Nancy: Université Henri Poincaré Nancy I; 2001: 191p.
57. Schmitt C. Toxine botulique chez l'enfant paralysé cérébral. Importance des rôles du masseur-kinésithérapeute et des familles : réalisation de deux livrets [Diplôme d'état de masseur-kinésithérapeute]. Nancy: Institut de formation en masso-kinesithérapie de Nancy; 2010: 137p.
58. El idrissi tourane LO. prise en charge chirurgicale chez l'enfant portant une diplégie spastique : expérience du service d'orthopédie traumatologie pédiatrique au CHU de Marrakech [doctorat en médecine]. Marrakech: université CADDI AYYAD; 2019: 150p.

59. Le Viguelloux A. Arthrorise postérieure de la cheville par greffon iliaque cortico-spongieux postérieur dans le pied varus équin spastique neurologique [Doctorat en médecine]. Dijon: Université de Bourgogne; 2016: 146p.
60. Putz C, Mertens EM, Wolf SI, Geisbüsch A, Niklasch M, Gantz S, et al. Equinus correction during multilevel surgery in adults with cerebral palsy. *Foot & ankle international*. 2018;39(7):812-20.
61. Rutz E, Baker R, Tirosh O, Brunner R. Are results after single-event multilevel surgery in cerebral palsy durable? *Clinical orthopaedics and related research*. 2013;471(3):1028-38.
62. McGinley JL, Dobson F, Ganeshalingam R, Shore BJ, Rutz E, Graham HK. Single-event multilevel surgery for children with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental medicine and child neurology*. 2012;54(2):117-28.
63. Shore BJ, White N, Kerr Graham H. Surgical correction of equinus deformity in children with cerebral palsy: a systematic review. *Journal of children's orthopaedics*. 2010;4(4):277-90.
64. Dreher T, Buccoliero T, Wolf SI, Heitzmann D, Gantz S, Braatz F, et al. Long-term results after gastrocnemius-soleus intramuscular aponeurotic recession as a part of multilevel surgery in spastic diplegic cerebral palsy. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2012;94(7):627-37.
65. Davids JR, Rogozinski BM, Hardin JW, Davis RB. Ankle dorsiflexor function after plantar flexor surgery in children with cerebral palsy. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2011;93(23):1381-7.
66. Fitoussi F, Bachy M. Tendon lengthening and transfer. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015;101(1 Suppl):149-57.
67. Ma N, Scavos N, Passmore E, Thomason P, Graham K, Rutz E. Three-Dimensional Gait Analysis in Children Undergoing Gastrocnemius Lengthening for Equinus Secondary to Cerebral Palsy. *Medicina*. 2021;57(2):98.
68. Pilloni G, Pau M, Costici F, Condoluci C, Galli M. Use of 3D gait analysis as predictor of Achilles tendon lengthening surgery outcomes in children with cerebral palsy. *European journal of physical and rehabilitation medicine*. 2019;55(2):250-7.
69. Volpon JB, Natale LL. Avaliação crítica das técnicas cirúrgicas de correção do equino. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*. 2019;46(1):11.
70. Nicholas J, Bevilacqua D, FACFAS, Adam R. Johnson, DPM, Jennifer J. Spector, DPM, FACFAS, Patrick A. DeHeer, DPM, David Smith, DPM, Josh Nichols, DPM et Bethany Hine, DPM. Is Percutaneous Achilles Lengthening More Effective Than Gastrocnemius Recession For Equinus? *Podiatry today*. 2020;33:30-5.
71. Krupiński M, Borowski A, Synder M. Long Term Follow-up of Subcutaneous Achilles Tendon Lengthening in the Treatment of Spastic Equinus Foot in Patients with Cerebral Palsy. *Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja*. 2015;17(2):155-61.
72. De Luna V, Oliva F, Lo Bue G, Tudisco C, Farsetti P. Musculotendinous equinus deformity correction: gastrocnemius or gastrosoleus release. *Muscles, Ligaments & Tendons Journal (MLTJ)*. 2018;8(1):58-75.
73. Herzenberg JE, Lamm BM, Corwin C, Sekel J. Isolated recession of the gastrocnemius muscle: the Baumann procedure. *Foot & ankle international*. 2007;28(11):1154-9.
74. DeHeer PA. Equinus and Lengthening Techniques. *Clinics in podiatric medicine and surgery*. 2017;34(2):207-27.
75. Moroni S, Fernández-Gibello A, Nieves GC, Montes R, Zwierzina M, Vazquez T, et al. Anatomical basis of a safe mini-invasive technique for lengthening of the anterior gastrocnemius aponeurosis. *Surgical and radiologic anatomy : SRA*. 2021;43(1):53-61.
76. Ruesga AC. Brièveté des Gastrocnémiens. De l'Anatomie au traitement de Louis Samuel Barouk y Pierre Barouk (eds.). *Medicina balear*. 2012;27(3):61.
77. Abbassian A, Kohls-Gatzoulis J, Solan MC. Proximal medial gastrocnemius release in the treatment of recalcitrant plantar fasciitis. *Foot & ankle international*. 2012;33(1):14-9.
78. Phisitkul P, Barg A, Amendola A. Endoscopic recession of the gastrocnemius tendon. *Foot & ankle international*. 2017;38(4):457-64.

79. Lui TH. Endoscopic gastrocnemius intramuscular aponeurotic recession. *Arthroscopy techniques*. 2015;4(5):615-8.
80. Dendane.M.A KN, Amrani.A. Surgery of lower extremity abnormalities in children with cerebral palsy. *Revue marocaine de chirurgie orthopédique et traumatologique*. 2017 2017;63(8):9-16 ISSN 0251-758.
81. Lebarbier P, Ursei M. Chirurgie multi-sites chez le paralysé cérébral marchant ou à potentiel de marche. EMC: techniques chirurgicales–orthopédie–traumatologie Paris: Elsevier Masson SAS. 2009:44-533.
82. Mansour T, Derienne J, Daher M, Sarraf D, Zoghbi Y, Ghanem I. Is percutaneous medial hamstring myofascial lengthening as anatomically effective and safe as the open procedure? *Journal of children's orthopaedics*. 2017;11(1):15-9.
83. Mallet C, Simon A, Ilharrebordé B, Presedo A, Mazda K, Penneçot G. Inutilité de l'allongement intramusculaire du psoas dans la chirurgie multisite sur la cinématique de hanche chez l'enfant diplégique spastique. Résultats cliniques et cinématiques à court et moyen termes. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. 2016;102(4):360-5.
84. Thamkunanon V, Kamisan N. Approach to bone procedure in fixed equinovarus deformity in cerebral palsy. *J Orthop*. 2018;15(4):1008-12.
85. Kim HY, Cha YH, Byun JY, Chun YS, Choy WS. Changes in gait parameters after femoral derotational osteotomy in cerebral palsy patients with medial femoral torsion. *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 2018;27(3):194-9.
86. Sarikaya IA, Seker A, Erdal OA, Talmac MA, Inan M. Minimally invasive plate osteosynthesis for tibial derotation osteotomies in children with cerebral palsy. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*. 2018;52(5):352-6.
87. Inan M, Ferri-de Baros F, Chan G, Dabney K, Miller F. Correction of rotational deformity of the tibia in cerebral palsy by percutaneous supramalleolar osteotomy. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2005;87(10):1411-5.
88. Mikalef P, Power D. The role of neurectomy in the management of spasticity of the upper limb. *EFORT Open Rev*. 2017;2(11):469-73.
89. Mahfouf L, Aichaoui F, Benmebarek N, Abdennebi B. traitement neurochirurgical du membre inférieur spastique par la neurotomie partielle et sélective. résultats à propos d'une série de 26 cas et revue de la littérature. *Journal de neurochirurgie*. 2008;4(2):1-6.
90. Zabalia M. Intérêts et limites des échelles d'évaluation de la douleur chez l'enfant en situation de handicap. *Motricité Cérébrale: Réadaptation, Neurologie du Développement*. 2012;33(2):62-7.
91. Vincent B, Wood C. L'évaluation de la douleur de l'enfant. *Médecine thérapeutique/Pédiatrie*. 2009;12(5):259-69.
92. Thiziri GM. La prise en charge de la douleur est-elle efficace? Comparaison du ressenti des patients et des soignants dans le cadre de la douleur induite par les soins au centre hospitalier de Laval [Doctorat en Pharmacie]: université d'ANGERS; 2019. 89p.
93. Viehweger E, Berard C, Berruyer A, Simeoni M, Varax G. Bilan articulaire des membres inférieurs d'un enfant atteint d'une infirmité motrice cérébrale Testing range of motion in cerebral palsy. *Annales de réadaptation et de médecine physique*. 2007;50:258-65.
94. Kadhim M, Miller F. Pes planovalgus deformity in children with cerebral palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2014;23(5):400-5.
95. Stott S. The Duncan-Ely test: time for standardization. *Developmental medicine and child neurology*. 2015;57(10):895-6.
96. Guglielmetti LG, Santos RM, Mendonça RG, Yamada HH, Assumpção RM, Fucs PM. Results of adductors muscle tenotomy in spastic cerebral palsy. *Revista brasileira de ortopedia*. 2010;45(4):420-5.
97. Sung KH, Kwon SS, Chung CY, Lee KM, Cho GH, Park MS. Long-term outcomes over 10 years after femoral derotation osteotomy in ambulatory children with cerebral palsy. *Gait Posture*. 2018;64:119-25.

98. Chaudier P, Villa V, Neyret P. *Traité EM Consulte podologie: Anomalie de torsion du squelette. Podologie.* 2015;13 p DOI : 0.1016/S0292-062X(15)60422-6.
99. Er MS, Abousamra O, Rogers KJ, Bayhan IA, Church C, Henley J, et al. Long-term Outcome of Internal Tibial Derotation Osteotomies in Children With Cerebral Palsy. *Journal of pediatric orthopedics.* 2017;37(7):454-9.
100. Chen ZY, Wu ZY, An YH, Dong LF, He J, Chen R. Soft tissue release combined with joint-sparing osteotomy for treatment of cavovarus foot deformity in older children: Analysis of 21 cases. *World journal of clinical cases.* 2019;7(20):3208-16.
101. Lin Y, Cao J, Zhang C, Yang L, Duan X. Modified Percutaneous Achilles Tendon Lengthening by Triple Hemisection for Achilles Tendon Contracture. *BioMed research international.* 2019;2019:1491796:8p.
102. Sossai R, Vavken P, Brunner R, Camathias C, Graham HK, Rutz E. Patellar tendon shortening for flexed knee gait in spastic diplegia. *Gait & posture.* 2015;41(2):658-65.
103. Khwaja O, Volpe J. Pathogenesis of cerebral white matter injury of prematurity. *Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition.* 2008;93(2):153-61.
104. Morrell DS, Pearson JM, Sauser DD. Progressive bone and joint abnormalities of the spine and lower extremities in cerebral palsy. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc.* 2002;22(2):257-68.
105. Atuh CS, Otti-Agha N, Eneje B, Ezema V, Okonkwo A, Ogbaronya E. Review of Cerebral Palsy Cases in the University Of Nigeria Teaching Hospital Ituku-Ozalla, Enugu. *Nigerian Journal of Medical Rehabilitation.* 2019;20(1):14p. <https://doi.org/0.34058/njmr.v20i1.159>.
106. Tosun A, Gökben S, Serdaroglu G, Polat M, Tekgöl H. Changing views of cerebral palsy over 35 years: the experience of a center. *The Turkish journal of pediatrics.* 2013;55(1):8-15.
107. Johnston MV, Hagberg H. Sex and the pathogenesis of cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology.* 2007;49(1):74-8.
108. Dziri S, Salah FB, Mrabet A, Dziri C, Miri I. Complications orthopédiques dans la paralysie cérébrale de l'enfant. *Motricité Cérébrale: Réadaptation, Neurologie du Développement.* 2016;37(4):139-48.
109. Rehbein I, Teske V, Pagano I, Cúneo A, Pérez ME, von Heideken J. Analysis of orthopedic surgical procedures in children with cerebral palsy. *World journal of orthopedics.* 2020;11(4):222-31.
110. Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. *Developmental medicine and child neurology.* 2002;44(9):633-40.
111. Clark SM, Ghulmiyyah LM, Hankins GD. Antenatal antecedents and the impact of obstetric care in the etiology of cerebral palsy. *Clinical obstetrics and gynecology.* 2008;51(4):775-86.
112. Li M, An Y, Miao L, Hua R, Yu A, Zhang F, et al. Risk factors of cerebral palsy during the perinatal period. *Scientific Research and Essays.* 2011;6(13):2724-8.
113. Sadowska M, Sarecka-Hujar B, Kopyta I. Cerebral Palsy: Current Opinions on Definition, Epidemiology, Risk Factors, Classification and Treatment Options. *Neuropsychiatric disease and treatment.* 2020;16:1505-18.
114. Cans C. Epidémiologie de la paralysie cérébrale («Cerebral Palsy» ou CP). *Motricité Cérébrale: Réadaptation, Neurologie du Développement.* 2005;26(2):51-8.
115. Shevell MI, Majnemer A, Morin I. Etiologic yield of cerebral palsy: a contemporary case series. *Pediatric neurology.* 2003;28(5):352-9.
116. Himpens E, Van den Broeck C, Oostra A, Calders P, Vanhaesebrouck P. Prevalence, type, distribution, and severity of cerebral palsy in relation to gestational age: a meta-analytic review. *Developmental medicine and child neurology.* 2008;50(5):334-40.
117. Gowda VK, Kumar A, Shivappa SK, Srikanteswara PK, Shivananda, Mahadeviah MS, et al. Clinical profile, predisposing factors, and associated co-morbidities of children with cerebral palsy in South India. *Journal of pediatric neurosciences.* 2015;10(2):108-13.
118. Shevell MI, Majnemer A, Morin I. Etiologic yield of cerebral palsy: a contemporary case series. *Pediatric neurology.* 2003;28(5):352-9.

119. Benedict RE, Patz J, Maenner MJ, Arneson CL, Yeargin-Allsopp M, Doernberg NS, et al. Feasibility and reliability of classifying gross motor function among children with cerebral palsy using population-based record surveillance. *Paediatric and perinatal epidemiology*. 2011;25(1):88-96.
120. Gorter JW, Rosenbaum PL, Hanna SE, Palisano RJ, Bartlett DJ, Russell DJ, et al. Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*. 2004;46(7):461-7.
121. Rodda J, Graham HK, Carson L, Galea MP, Wolfe R. Sagittal gait patterns in spastic diplegia. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2004;86(2):251-8.
122. Riad J, Haglund-Akerlind Y, Miller F. Classification of spastic hemiplegic cerebral palsy in children. *Journal of pediatric orthopedics*. 2007;27(7):758-64.
123. Tsitlakidis S, Horsch A, Schaefer F, Westhauser F, Goetze M, Hagmann S, et al. Gait Classification in Unilateral Cerebral Palsy. *J Clin Med*. 2019;8(10):1652.
124. Nordmark E, Hägglund G, Lauge-Pedersen H, Wagner P, Westbom L. Development of lower limb range of motion from early childhood to adolescence in cerebral palsy: a population-based study. *BMC medicine*. 2009;7:65-76.
125. Rethlefsen SA, Healy BS, Wren TA, Skaggs DL, Kay RM. Causes of intoeing gait in children with cerebral palsy. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2006;88(10):2175-80.
126. Davids JR, Kulkarni VA, Bagley AM, Cung NQ, Davis RB, Westberry DE, et al. Patella alta in ambulatory children with cerebral palsy: prevalence and functional significance. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2020;40(10):963-71.
127. Kedem P, Scher DM. Foot deformities in children with cerebral palsy. *Current opinion in pediatrics*. 2015;27(1):67-74.
128. Min JJ, Kwon SS, Sung KH, Lee KM, Chung CY, Park MS. Progression of planovalgus deformity in patients with cerebral palsy. *BMC musculoskeletal disorders*. 2020;21(1):141.
129. Lee CL, Bleck E. Surgical correction of equinus deformity in cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 1980;22(3):287-92.
130. Häfner SJ. A matter of timing - At what age should multilevel surgery be performed in cerebral palsy patients? *Biomedical journal*. 2020;43(6):465-8.
131. Sees JP, Miller F. Overview of foot deformity management in children with cerebral palsy. *Journal of children's orthopaedics*. 2013;7(5):373-7.
132. Gaytán-Fernández S, Chaidez P, García-Galicia A, Martínez-Asención P, Barragán-Hervella RG, Corpus-Mariscal E, et al. [Analysis to determine optimal age for surgical management of equinus foot in patients with childhood cerebral palsy]. *Acta ortopedica mexicana*. 2020;34(1):2-5.
133. Svehlík M, Steinwender G, Kraus T, Saraph V, Lehmann T, Linhart WE, et al. The influence of age at single-event multilevel surgery on outcome in children with cerebral palsy who walk with flexed knee gait. *Developmental medicine and child neurology*. 2011;53(8):730-5.
134. Grant AD, Feldman R, Lehman WB. Equinus deformity in cerebral palsy: a retrospective analysis of treatment and function in 39 cases. *Journal of pediatric orthopedics*. 1985;5(6):678-81.
135. Lyon R, Liu X, Schwab J, Harris G. Kinematic and kinetic evaluation of the ankle joint before and after tendo achilles lengthening in patients with spastic diplegia. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2005;25(4):479-83.
136. Kay RM, Rethlefsen SA, Ryan JA, Wren TA. Outcome of gastrocnemius recession and tendo-achilles lengthening in ambulatory children with cerebral palsy. *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 2004;13(2):92-8.
137. Tinney A, Thomason P, Sangeux M, Khot A, Graham HK. The transverse Vulpius gastrocsoleus recession for equinus gait in children with cerebral palsy. *The bone & joint journal*. 2015;97-b(4):564-71.
138. Takahashi S, Shrestha A. The vulpius procedure for correction of equinus deformity in patients with hemiplegia. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2002;84(7):978-80.
139. Presedo A, Oh C-W, Dabney KW, Miller F. Soft-tissue releases to treat spastic hip subluxation in children with cerebral palsy. *JBJS*. 2005;87(4):832-41.

140. Rolauffs B, Stuby F, Barth S, Ochs BG, Aurich M, Weise K, et al. [Prophylaxis and therapy for hip dislocations in patients with infantile cerebral palsy (ICP): motor functional, radiological and clinical results after subcutaneous adductor tenotomy]. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2007;145(4):505-10.
141. Bishay SN. Short-term results of musculotendinous release for paralytic hip subluxation in children with spastic cerebral palsy. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. 2008;90(2):127-32.
142. Onimus M, Allamel G, Manzone P, Laurain JM. Prevention of hip dislocation in cerebral palsy by early psoas and adductors tenotomies. *Journal of pediatric orthopedics*. 1991;11(4):432-5.
143. Damron TA, Breed AL, Cook T. Diminished knee flexion after hamstring surgery in cerebral palsy patients: prevalence and severity. *Journal of pediatric orthopedics*. 1993;13(2):188-91.
144. Hsu LC, Li HS. Distal hamstring elongation in the management of spastic cerebral palsy. *Journal of pediatric orthopedics*. 1990;10(3):378-81.
145. Bozinovski Z, Popovski N. Operative treatment of the knee contractures in cerebral palsy patients. *Medical archives (Sarajevo, Bosnia and Herzegovina)*. 2014;68(3):182-3.
146. De Pavia-Mota E, Neri-Gómez S, Reyes-Contreras G, Valencia-Posadas M. [Percutaneous tenotomy and aponeurotomy (PTA) for knee flexor contracture in children with spastic cerebral palsy]. *Acta ortopedica mexicana*. 2013;27(2):109-13.
147. Öunpuu S, Solomito M, Bell K, Pierz K. Long-term outcomes of external femoral derotation osteotomies in children with cerebral palsy. *Gait Posture*. 2017;56:82-8.
148. Niklasch M, Wolf SI, Klotz MC, Geisbüsch A, Brunner R, Döderlein L, et al. Factors associated with recurrence after femoral derotation osteotomy in cerebral palsy. *Gait Posture*. 2015;42(4):460-5.
149. Desailly E, Thévenin-Lemoine C, Khouri N. Does patella lowering improve crouch gait in cerebral palsy? Comparative retrospective study. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017;103(5):741-6.
150. Schejbalová A, Trč T, Havlas V. [Patella alta in cerebral palsy patients]. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Cechoslovaca*. 2011;78(4):348-54.
151. Oliveros-Rivero JA, Mendoza-Saldrareaga LG, Forestieri-Flores M, Quiñonez-León J, Melgar-Celleri J. [Surgical management of gait by internal tibial torsion in children]. *Acta ortopedica mexicana*. 2020;34(5):267-71.
152. Schneider M, Balon K. Deformity of the foot following anterior transfer of the posterior tibial tendon and lengthening of the Achilles tendon for spastic equinovarus. *Clinical orthopaedics and related research*. 1977(125):113-8.
153. Won SH, Kwon SS, Chung CY, Lee KM, Lee IH, Jung KJ, et al. Stepwise surgical approach to equinovarus in patients with cerebral palsy. *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 2016;25(2):112-8.
154. Wicart P, Rampal V, Seringe R. 100 Traitement du pied cavovarus: résultats de l'ostéotomie d'ouverture plantaire des os cunéiformes avec libération plantaire sélective et ostéotomie de Dwyer. *Revue de chirurgie orthopedique et réparatrice de l'appareil moteur*. 2007;93(7):76-7.
155. SAYAR L. Prise en charge du pied plat valgus chez l'infirme moteur d'origine cérébrale 2018.
156. Aslan A, Diril SK, Demirci D, Yorgancıgil H. Comparison of single event multilevel surgery and multiple surgical events in the lower extremities of children with spastic cerebral palsy. *Eklemler hastalıkları ve cerrahisi = Joint diseases & related surgery*. 2019;30(3):217-23.
157. Chang CH, Chen CL, Yeh KK, Kuo KN. Association of age in motor function outcomes after multilevel myofascial release in children with cerebral palsy. *Biomedical journal*. 2020;43(6):469-75.
158. Zorer G, Doğrul C, Albayrak M, Bagatur AE. [The results of single-stage multilevel muscle-tendon surgery in the lower extremities of patients with spastic cerebral palsy]. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*. 2004;38(5):317-25.
159. Lamberts RP, Burger M, Du Toit J, Langerak NG. A systematic review of the effects of single-event multilevel surgery on gait parameters in children with spastic cerebral palsy. *PloS one*. 2016;11(10):e0164686.

160. Dreher T, Thomason P, Švehlík M, Döderlein L, Wolf SI, Putz C, et al. Long-term development of gait after multilevel surgery in children with cerebral palsy: a multicentre cohort study. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2018;60(1):88-93.
161. Meurin F, Thetio M, Prodhomme F, Brotier A, Zerah M, Pennecot G, et al. Consultation multidisciplinaire de spasticité pédiatrique au pôle SSR enfant des hôpitaux de Saint-Maurice (Val-de-Marne). *Motricité Cérébrale: Réadaptation, Neurologie du Développement*. 2015;36(3):102-7.
162. Mahmudov V, Gunay H, Kucuk L, Coskunol E, Calis Atamaz F. Comparison of single event vs multiple event soft tissue surgeries in the lower extremities with cerebral palsy. *J Orthop*. 2015;12(Suppl 2):171-5.
163. Cloodt E, Wagner P, Lauge-Pedersen H, Rodby-Bousquet E. Knee and foot contracture occur earliest in children with cerebral palsy: a longitudinal analysis of 2,693 children. *Acta orthopaedica*. 2021;92(2):222-7.
164. Gulati S, Sondhi V. Cerebral Palsy: An Overview. *Indian journal of pediatrics*. 2018;85(11):1006-16.
165. O'Shea TM. Diagnosis, treatment, and prevention of cerebral palsy. *Clinical obstetrics and gynecology*. 2008;51(4):816-28.
166. Georgiadis AG, Thomason P, Willoughby K, Graham HK. Screening and referral for children with physical disabilities. *Journal of paediatrics and child health*. 2017;53(11):1111-7.
167. Dietz FR, Albright JC, Dolan L. Medium-term follow-up of Achilles tendon lengthening in the treatment of ankle equinus in cerebral palsy. *The Iowa orthopaedic journal*. 2006;26:27-32.
168. Deltombe T, Gustin T, Laloux P, De Cloedt P, De Wispelaere JF, Hanson P. [Selective fascicular neurotomy for spastic equinovarus foot deformity in cerebral palsy children]. *Acta orthopaedica Belgica*. 2001;67(1):1-5.
169. Sindou M, Mertens P. Selective neurotomy of the tibial nerve for treatment of the spastic foot. *Neurosurgery*. 1988;23(6):738-44.
170. Saraph V, Zwick EB, Uitz C, Linhart W, Steinwender G. The Baumann procedure for fixed contracture of the gastrosoleus in cerebral palsy. Evaluation of function of the ankle after multilevel surgery. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2000;82(4):535-40.

# **ANNEXES**

# FICHE TECHNIQUE PARALYSIE CEREBRALE

Fiche n° :

Dossier n° :

Date d'examen :

Nom :

prénom :

Date de naissance :

Lieu :

Adresse :

N° de téléphone :

## ANTECEDENTS

- Consanguinité :

### Enfant adoptif

Oui

non

degré

lien de parenté

- Déroulement de la grossesse :

1. Maladies infectieuses ou autre :

2. Nombre de grossesses :

3. Rang dans la fratrie :

- Accouchement

1. Césarienne

voie basse

2. Durée du travail :

3. Présentation :

4. Poids de naissance :



## 2. TROUBLES MOTEURS :

- Forme topographique

Hémiplégie

Tétraplégie

Triplégie

Paraplégie

Forme clinique

Spastique

Dyskinétique

Ataxique

Mixte

## 3. TROUBLES ASSOCIES

Oculaires

Troubles de l'audition

Epilepsie

QI

Dypraxie bucco-faciale : bavage, troubles de déglutition

Troubles du langage

Troubles cognitifs : dyscalculie, dyspraxie d'habillage, constructive

#### 4. BILAN ARTICULAIRE

##### a) Examen couché

- Examen en décubitus dorsal

<b>D</b>		<b>G</b>
	<b>hanche</b>	
	Flexum	
	Flexion	genou fléchi genou étendu
	Abduction	hanche fléchie, genou fléchi
		Hanche étendue, genou fléchi
		Hanche étendue, genou étendu
	adduction	
	<b>Cuisse</b>	
	Torsion fémorale	
	<b>Genou</b>	
	Extension :	active (angle mort) passive
	Hauteur de la rotule(patela alta)	
	Angle poplité	unilatéral
		bilatéral
	<b>Jambe</b>	
	Torsion tibiale	
	<b>cheville</b>	
	Flexion dorsale	genou fléchi
		Genou étendu
	<b>pied</b>	
	Hallux valgus	
	Avant pied/tibial post.	
	Avant pied/péroniers latéraux	

- Examen en décubitus ventral

<b>D</b>		<b>G</b>
	<b>hanche</b>	
	Extension	genou étendu Genou fléchi
	Rotation interne	
	Rotation externe	
	Antéversion fémorale	
	<b>Genou</b>	
	flexion	
	<b>Jambe</b>	
	Torsion tibiale	
	<b>Pied</b>	
	Angle cuisse/pied	
	Valgus de l'arrière pied	
	Varus de l'arrière pied	
	Adduction du médio pied	
	Abduction du médio pied	

- Evaluation de la spasticité selon

		Echelle d'Ashworth modifiée				Echelle de Tardieu			
		0 : Pas d'augmentation de tonus 1 : Augmentation discrète du tonus musculaire se manifestant par un ressaut suivi d'un relâchement ou par une résistance minimale à la fin du mouvement. 1+ : Augmentation discrète du tonus musculaire se manifestant par un ressaut suivi d'une résistance minimale perçue sur moins de la moitié de l'amplitude articulaire. 2 : Augmentation plus marquée du tonus musculaire touchant la majeure partie de l'amplitude articulaire, l'articulation pouvant être mobilisée facilement. 3 : Augmentation importante du tonus musculaire rendant la mobilisation passive difficile. 4 : L'articulation concernée est fixée en flexion ou en extension, en abduction ou adduction.				0 : Pas de résistance tout au long du mouvement 1 : Discrète augmentation de la résistance au cours du mouvement passif sans que l'on puisse distinguer clairement un ressaut à un angle précis. 2 : Ressaut franc interrompant le mouvement passif à un angle précis, suivi d'un relâchement. 3 : Clonus épuisable (moins de 10s étirement maintenu) survenant à un angle précis. 4 : Clonus inépuisable (plus de 10s étirement maintenu) survenant à un angle précis.			
		D		G		D		G	
Psoas iliacus									
RI (DV, GF)									
RE (DV, GF)									
Adductor longus (HF, GF)									
Adductor magnus (HE, GF)									
Gracilis (HE, GE)									
Quadriceps femoris									
Ely Test									
Rectus femoris									
Ischio jambiers	Dans l'AP bilat.								
	En DV								
Gastrocnémii			°		°		°		
Soleus			°		°		°	°	
Tibialis anterior									
Tibialis posterior									
Peroneus									
Flech. Des orteils									
Fléch. De l'hallux									
Ext. Des orteils									
Ext. De l'hallux									

- Evaluation de la force

Force /sélectivité				
Force	sélectivité		Force	sélectivité
D	D		G	G
<b>Hanche</b>				
		Psoas iliactus		
		Extenseurs de hanche		
		Angle mort des extenseurs de hanche		
		Abducteurs		
		Adducteurs		
		Rot. Int.		
		Rot. Ext.		
<b>Genou</b>				
		Ischio-jambiers		
		Extenseurs		
		Angle mort quadriceps en degrés		
<b>Cheville</b>				
		Tibialis ant.		
		Extensor digitorum longus		
		Extensor hallucis longus		
		Personeus		
		Tibialis post.		
		Gastrocnemii/soleus		
		Flexor digitorum longus		
		Flexor hallucis longus		
		Dorsiflexion globale GF		
		Dorsiflexion globale GT		

**b) Examen debout**

Examen à la marche : **GMF-CS**

Stade     Stade II     Stade III     Stade IV     Stade V

**5. ANALYSE DE LA MARCHÉ**

**a) Hémiplégique : classification de WINTER**

Type 1

Type 2 « true equinus »:

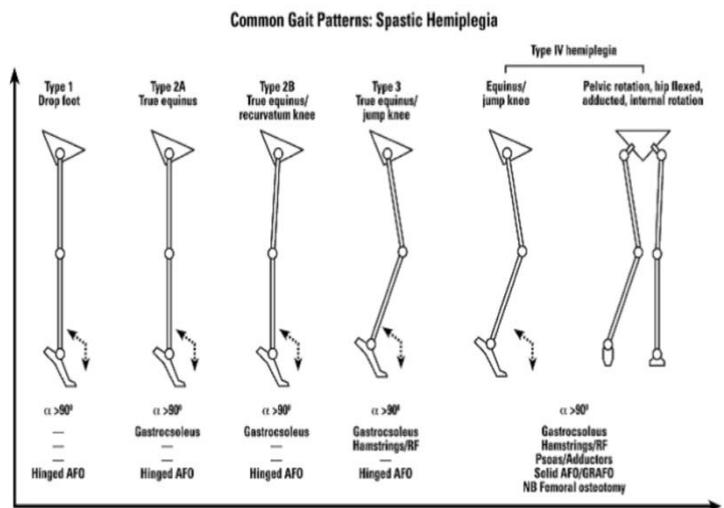
Type 2A

Type 2B

Type 3

Type 4

Type 5



**b) Diplégie : classification de Roda et Graham**

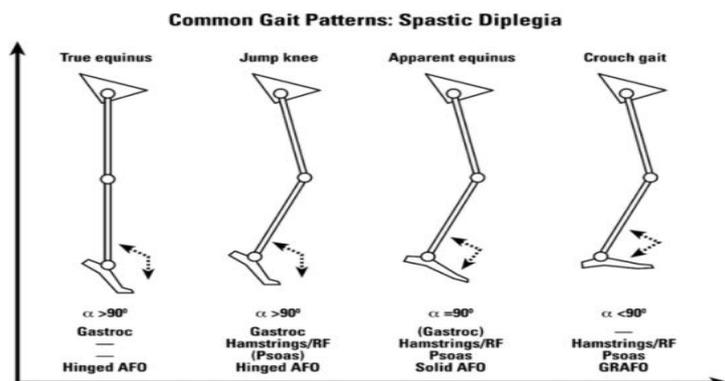
Type 1

Type 2

Type 3

Type 4

Type 5



**c) Analyse de la vidéo de marche :**

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

**6. Examens complémentaires**

Radiographies :

- Pied (F+P) :
- Genou de profil : hauteur de rotule : sans particularité
- Hanche : avec coxometrie : sans particularité

EMG :

## CHIRURGIE

Traitement chirurgical de l'équin	Droit	Gauche
<b>Sur les parties molles</b>		
Aponévrotomie des ischio-jambiers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Désinsertion des gastrocnemien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aponevrotomie du soléaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Allongement du tendon d'Achille	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Chirurgie osseuse</b>		
Arthrodèse tibio-astragienne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chirurgie nerveuse .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Gestes associés complémentaires</b>		
Pied .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Genou .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hanche .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## EVALUATION APRES CHIRURGIE

Evaluation de l'équin post op :

- Examen en décubitus dorsal

DROIT			GAUCHE	
Pré OP	Post OP		Pré OP	Post OP
		<b>hanche</b>		
		flexum		
		Flexion		
		Abduction	hanche fléchie, genou fléchi	
			Hanche étendue, genou fléchi	
		étendu	Hanche étendue, genou	
		adduction		
		<b>Cuisse</b>		
		Torsion fémorale		
		<b>Genou</b>		
		Extension :	passive	
		active (angle mort)		
		Hauteur de la rotule(patela alta)		
		Flexion		
		Angle poplité	unilatéral	
			bilatéral	
		<b>Jambe</b>		
		Torsion tibiale		
		<b>cheville</b>		
		Flexion dorsale	genou fléchi	
			Genou étendu	
		<b>pied</b>		
		Hallux valgus		
		Avant pied/tibial post.		
		Avant pied/péroniers latéraux		

- Examen en décubitus ventral

<b>DROIT</b>			<b>GAUCHE</b>	
<b>Pré OP</b>	<b>Post OP</b>		<b>Pré OP</b>	<b>Post OP</b>
		<b>hanche</b>		
		Extension	genou étendu	
			Genou fléchi	
		Rotation interne		
		Rotation externe		
		Antéversion fémorale		
		<b>Pied</b>		
		Angle cuisse/pied		
		Valgus de l'arrière pied		
		Varus de l'arrière pied		
		Adduction du médio pied		
		Abduction du médio pied		

- Evaluation de la spasticité en postopératoire :

	Echelle d'Ashworth modifiée				Echelle de Tardieu			
	D		G		D		G	
		°		°		°		°
Gastrocnémii		°		°		°		°
Soleus		°		°		°		°

**Analyse de la vidéo de marche post opératoire :**

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

## ***Résumé***

## RESUME

**But :** Améliorer la prise en charge thérapeutique des pieds équins secondaires à des rétractions des muscles du mollet, corriger les atteintes associées du membre inférieur et établir un algorithme de la prise en charge du pied équin du paralysé cérébral.

**Méthodes :** Entre janvier 2018 et février 2020, nous avons réalisé une étude prospective longitudinale sur 60 pieds équins neurologiques (34 patients) traités dans le service d'orthopédie pédiatrique de l'EHS Canastel, Oran et le service de chirurgie pédiatrique de l'EHS mère-enfants, Tlemcen. Ces enfants étaient âgés de 6 à 15 ans (âge moyen 8.76). Nous avons utilisé chez eux l'échelle de Tardieu pour évaluer la spasticité du membre inférieur, ainsi que la vidéo de face et de profil pour analyser la marche de ces enfants en pré et en postopératoire. Dans cette étude nous avons utilisé aussi la radiologie et le goniomètre pour mesurer les angulations, ainsi que les tests de Silfverskiold et d'Ely.

**Résultats :** Nous avons constaté chez ces patients une prédominance masculine avec un sex-ratio de 1,63. L'atteinte était bilatérale dans 79.4% de cas. Les enfants marchants (autonome ou avec aide) représentaient 94,1% des cas. L'équinisme était sévère ( $< -20^\circ$ ) dans 46,66% de cas et ne se réduisait pas à la mise en flexion du genou dans 93,33% de cas. 71,66% de cas étaient associés à d'autres atteintes du membre inférieur, et 64,7% de nos patients ont bénéficié d'une chirurgie multi-site.

L'allongement musculo-tendineux a été pratiqué dans 50% de cas selon le procédé de Vulpius, et dans 43,33% de cas selon le procédé de Baker. Alors que 3,33% de cas ont bénéficié d'un allongement aponévrotique type Baker, associé à un allongement du tendon d'Achille, et ceci chez les patients qui ont présentés une récurrence de l'équinisme après allongement isolé en Z du tendon d'Achille.

La neurotomie sélective a été réalisée chez 3,33% patients présentant une spasticité rebelle à tout traitement (rééducation et toxine botulique).

Nous avons observé une récurrence de l'équinisme dans 3.1 % de cas après 3 mois et dans 8.3 % de cas après 6 mois.

**Conclusion :** la prise en charge du pied équin neurologique constitue toujours un défi, elle est pluridisciplinaire et exige la création de centres spécialisés, où la chirurgie multi site prend tout son intérêt, ainsi que la création d'un laboratoire d'analyse de la marche.

**Mots-clés :** paralysie cérébrale, la marche, pied équin, allongements musculo-tendineux.

## ABSTRACT

**Purpose:** To improve the therapeutic management of equinus foot secondary to retractions of the calf muscles, to correct the associated lesions of the lower limb and to establish an algorithm for the management of the equinus foot in cerebral palsy patients.

**Methods:** Between January 2018 and February 2020, we carried out a longitudinal prospective study on 60 neurological equinus feet (34 patients) treated in the pediatric orthopedic department of EHS Canastel, Oran, and the pediatric surgery department of EHS mother-children, Tlemcen. These children were 6 to 15 years old (mean age 8.76). We used the Tardieu scale to assess the lower limb spasticity, as well as frontal and profile video to analyze the gait of these children pre and postoperatively. In this study, we also used radiology and the goniometer to measure the angulations, as well as the Silfverskiold and Ely tests.

**Results:** We observed in these patients a male predominance with a sex ratio of 1.63. The lesion was bilateral in 79.4% of cases. children Walking (autonomous or with assistance) represents 94.1% of cases. Equinus was severe ( $< -20^\circ$ ) in 46.66% of cases and was not reduced with knee flexion in 93.33% of cases. 71.66% of cases were associated with other lower limb pathologies, and 64.7% of our patients had multi-site surgery.

Musculotendinous lengthening was performed in 50% of cases using the Vulpius' technique, and in 43.33% of cases using the Baker's technique. While 3.33% of cases underwent aponeurotic lengthening with Baker 's technique, associated with lengthening of the Achilles tendon in patients who presented a recurrence of equinus after isolated Z lengthening of the Achilles tendon.

Selective neurotomy was performed in 3.33% of patients with spasticity resistant to any treatment (rehabilitation and botulinum toxin).

We observed a recurrence of equinus in 3.1% of cases after 3 months and in 8.3% of cases after 6 months.

**Conclusion:** the management of the neurological equinus foot remains a challenge, it is multidisciplinary and requires the creation of specialized centers, where multi-site surgery takes all its interest, as well as the creation of a gait analysis laboratory.

**Keywords:** cerebral palsy, walking, equinus foot, musculotendinous lengthening

## نبذة مختصرة

**الغرض من ذلك:** تحسين علاج للقدمين المتساويتين ثانويتين لتراجع الثنيات الأخمصية للكاحل في الشلل الدماغي عن تقصير دائم في المركب العضلي الوتري للعضلة ثلاثية الرؤوس، وتصحيح الضرر المرتبط بذلك في الطرف السفلي، وتأسيس خوارزمية لإدارة القدمين المتساويتين من الشلل الدماغي

**الأساليب:** في الفترة ما بين يناير/كانون الثاني 2018 وفبراير/شباط 2020، أجرينا دراسة متوقعة طويلة على 60 مريضاً متساوياً للأقدام العصبية (34 مريضاً) تم علاجهم في قسم تقويم العظام للأطفال التابع لدائرة الصحة الإنجابية في كاناستل وهران، وقسم جراحة الأم والطفل تلمسان. وكان هؤلاء الأطفال تتراوح أعمارهم بين 6 و15 سنة (متوسط أعمارهم 8,76 عاماً). الأطفال في مستشفى استخدمنا مقياس تارديو لتقييم مرونة الطرف السفلي، وكذلك الوجه والفيديو لتحليل سير هؤلاء الأطفال في مرحلة ما قبل الجراحة وبعدها. في هذه الدراسة استخدمنا أيضاً الأشعة والغلوميتر لقياس الأوجه، فضلاً عن اختبارات سيلففيرسكيولد وإلى

**النتائج:** وجدنا هيمنة الذكور في هؤلاء المرضى مع نسبة جنس 1.63. وكانت المشاركة ثنائية في 79.4 في المائة من الحالات. وكان الأطفال الذين يسرون (مستقلين أو مساعدين) يشكلون 94.1% من الحالات. وكانت المساواة شديدة (- 20 درجة) في 46.66% من الحالات ولم تصحح عند ثني الركبة 93.33% من الحالات. وارتبط 71.66 في المائة من الحالات باضطرابات أخرى في الأطراف السفلى، وحصل 64.7 في المائة من مرضانا على جراحة متعددة المواقع

كان التمدد العضلي يمارس في 50% من الحالات وفقاً لعملية فوليبوس، وفي 43.33% من الحالات وفقاً لعملية بيكر. في حين أن 3.33% من الحالات استفادت من تمدد الأوعية الدموية من نوع بيكر المرتبط بإطالة وتر العرقوب بعد تكرار الاعتدال بعد إطالة Z. المعزولة من وتر العرقوب، وهذا في المرضى الذين قدموا تكراراً لمرض التكافؤ بعد تمدد وتر العرقوب بمعزل

تم إجراء عملية استئصال عصبي انتقائي في 3.33% من المرضى الذين يعانون من عدم المرونة في أي علاج (إعادة التأهيل وسموم البوتولينوم).

**الاستنتاج:** إن إدارة القدم المتساوية العصبية تشكل دوماً تحدياً، وهي متعددة التخصصات وتتطلب إنشاء مراكز متخصصة، حيث تأخذ الجراحة متعددة المواقع كل اهتمامها، فضلاً عن إنشاء مختبر لتحليل المشي

**الكلمات المفتاحية:** شلل دماغي، المشي، قدم الاعتدال، إطالة العضلات.

