



UNIVERSITE LILLE 2 DROIT ET SANTE

**FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG**

Année : 2015

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT

DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Transfert du tibial postérieur dans les paralysies des releveurs du pied  
d'origine périphérique et centrale : efficacité et effets indésirables à  
long terme**

Présentée et soutenue publiquement le 18 septembre 2015 à 14h

Au Pôle formation

**Par Nadine Nachef**

---

**JURY**

**Président :**

**Monsieur le Professeur C. FONTAINE**

**Assesseurs :**

**Monsieur le Professeur A. THEVENON**

**Monsieur le Professeur C. MAYNOU**

**Monsieur le Docteur Ph. DENORMANDIE**

**Directeur de Thèse :**

**Monsieur le Docteur E. ALLART**

---

## **Avertissement**

**La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.**

## Liste des abréviations

AOFAS	American Orthopaedic Foot and Ankle Society
AQM	Analyse quantifiée de la marche
AVC	Accident vasculaire cérébral
CMT	Charcot-Marie-Tooth
EMG	Electromyogramme/Electromyographie
GAS	Goal attainment scaling
HD	Hernie discale
LEH	Long extenseur de l'hallux
LEO	Long extenseur des orteils
LF	Long fibulaire
LFH	Long fléchisseur de l'hallux
LFO	Long fléchisseur des orteils
MCA	Myélopathie cervico-arthrosique
MRC	Medical Research Council
NFAC	New Functional Ambulation Classification
NFC	Nerf fibulaire commun
PM	Périmètre de marche
PPV	Pied plat valgus
PTH	Prothèse totale de hanche
TA	Tibial antérieur (muscle)
TC	Traumatisme crânien
TM	Traumatisme médullaire
TP	Tibial postérieur (muscle)

# Table des matières

<b>Résumé .....</b>	<b>17</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>19</b>
1.1. Anatomie et mise en jeu des fléchisseurs dorsaux et du tibial postérieur lors de la marche.....	19
1.1.1. Anatomie descriptive du muscle tibial postérieur .....	19
1.1.2. Actions et activité du tibial postérieur et du tibial antérieur en décharge et à la marche .....	21
1.1.2.1. Le tibial postérieur .....	22
1.1.2.2. Le tibial antérieur .....	23
1.2. Parésie périphérique et centrale des releveurs .....	25
1.2.1. Pied tombant périphérique .....	26
1.2.1.1. Définition.....	26
1.2.1.2. Conséquence sur la marche.....	27
1.2.1.3. Mesures thérapeutiques possibles .....	28
1.2.2. Pied varus-équin spastique d'origine centrale.....	34
1.2.2.1. Définition et physiopathologie.....	34
1.2.2.2. Conséquences sur la marche .....	36
1.2.2.3. Mesures thérapeutiques possibles .....	37
1.3. Synthèse et objectifs .....	40
1.3.1. Synthèse.....	40
1.3.2. Objectifs de l'étude et Hypothèses .....	42
1.3.2.1. Objectifs.....	42
1.3.2.2. Hypothèses.....	43
<b>2. Matériels et méthodes .....</b>	<b>44</b>
2.1. Patients .....	44
2.2. Traitement : Transfert du tibial postérieur et gestes associés .....	45
2.3. Evaluations.....	47
2.3.1. Données sociodémographiques et anamnèse .....	47
2.3.2. Evaluation des déficiences .....	48
2.3.3. Evaluation clinique et fonctionnelle de la statique du pied et de la marche .....	48
2.3.3.1. Evaluation de la statique du pied.....	48
2.3.3.2. Evaluations instrumentales de la posture et de la marche .....	49
2.3.4. Score de Stanmore.....	52
2.3.5. <u>Radiographies</u> .....	53
2.3.6. Evaluation fonctionnelle.....	55
2.4. Analyses statistiques.....	58
<b>3. Résultats .....</b>	<b>59</b>
3.1. Patients « centraux ».....	60
3.1.1. Patients et traitements.....	60
3.1.1.1. Patients.....	60
3.1.1.2. Intervention chirurgicale.....	61
3.1.1.3. Rééducation post-opératoire précoce.....	62

3.1.2.	Evaluation de l'efficacité du transfert du tibial postérieur sur la dorsiflexion active de la cheville.....	62
3.1.2.1.	Bilan des déficiences .....	62
3.1.2.2.	Posturographique statique et dynamique .....	64
3.1.2.3.	Analyse observationnelle de la marche .....	64
3.1.2.4.	Score de Stanmore .....	66
3.1.2.6.	Synthèse .....	70
3.1.3.	Evaluation des effets indésirables du transfert du tibial postérieur.....	72
3.1.3.1.	Evaluation clinique de la statique du pied.....	72
3.1.3.2.	Evaluations instrumentales de la posture et de la marche .....	73
3.1.3.3.	Radiographies bilatérales des pieds en charge .....	74
3.1.3.4.	Synthèse .....	76
3.2.	Population « périphériques ».....	78
3.2.1.	Caractéristiques générales de la population « périphériques »....	78
3.2.1.1.	Patients.....	78
3.2.1.2.	Intervention chirurgicale.....	79
3.2.1.3.	Rééducation post-opératoire : .....	80
3.2.2.	Evaluation de l'efficacité du transfert du tibial postérieur sur la flexion dorsale active de la cheville.....	81
3.2.2.1.	Bilan des déficiences .....	81
3.2.2.2.	Posturographie statique et dynamique .....	82
3.2.2.3.	Analyse observationnelle de la marche .....	82
3.2.2.4.	Score de Stanmore .....	83
	.....	85
3.2.2.5.	Evaluation fonctionnelle .....	85
3.2.2.6.	Synthèse .....	87
3.2.3.	Evaluation des effets indésirables du transfert du tibial postérieur.....	89
3.2.3.1.	Evaluation clinique de la statique du pied.....	89
3.2.3.2.	Evaluations instrumentales de la posture et de la marche .....	90
3.2.3.3.	Radiographies bilatérales des pieds en charge .....	91
3.2.3.4.	Synthèse .....	93
<b>4.</b>	<b>Discussion .....</b>	<b>96</b>
4.1.	Population « centraux ».....	97
4.1.1.	Efficacité .....	97
4.1.1.1.	Amplitudes articulaires et commande motrice .....	97
4.1.1.2.	Posturographie statique et dynamique .....	98
4.1.1.3.	Analyse observationnelle de la marche .....	98
4.1.1.4.	Score de Stanmore .....	101
4.1.1.5.	Habitude et autonomie de marche.....	102
4.1.2.	Effets indésirables .....	102
4.2.	Population « périphériques ».....	107
4.2.1.	Efficacité .....	107
4.2.1.1.	Amplitudes articulaires et commande motrice .....	107
4.2.1.2.	Posturographie statique et dynamique .....	108
4.2.1.3.	Analyse observationnelle de la marche .....	108
4.2.1.4.	Score de Stanmore .....	112
4.2.1.5.	Habitudes et autonomie de marche.....	112
4.2.2.	Effets indésirables .....	113
4.3.	Comparaison « périphériques » - « centraux » .....	115
4.3.1.	Efficacité .....	115
4.3.2.	Effets indésirables .....	117
4.4.	Limites .....	118

---

<b>5. Conclusion.....</b>	<b>120</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>121</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>132</b>

## RESUME

**Contexte** : Le traitement chirurgical le plus utilisé pour pallier le déficit neurologique des releveurs du pied est le transfert du tibial postérieur. Notre objectif était d'évaluer son efficacité ainsi que la survenue d'effets indésirables sur la statique du pied à long terme.

**Méthode** : Dans cette étude rétrospective, deux populations ont été étudiées, une présentant des lésions nerveuses périphériques (population « périphérique ») et une autre victime d'une lésion centrale (population « centrale »). Les principales évaluations pour mesurer l'efficacité du transfert étaient l'amplitude de flexion dorsale active en analytique et à la marche, le taux de sevrage de l'appareillage et un score de satisfaction global (/4). Pour l'évaluation des effets indésirables sur la statique du pied, une analyse clinique, instrumentale (baropodométrie) et radiographique de la statique du pied a été effectuée.

**Résultats** : Quinze pieds ont été évalués dans la population « périphérique » et 17 pieds (16 patients) dans la population « centrale ». Le recul moyen était de 7,2 ans. Dans la population « centrale », on observait une flexion dorsale active chez 8 patients (47%) en analytique avec une position moyenne atteinte de  $4,4 \pm 8,1^\circ$ . A la marche, 8 patients (47%) avaient une dorsiflexion active visible, avec un arc de mobilité moyen de  $5,9 \pm 2,7^\circ$ . 81,8% des patients ont été sevrés de leur appareillage. Le score de satisfaction était en moyenne de 2,7/4. Sur le plan de la statique, on relevait une tendance au pied creux du côté opéré. Il n'y avait pas de prépondérance de valgus d'arrière-pied, mais on objectivait 1 varus résiduel. On notait 5 pieds pronatus et 2 pieds supinatus. Dans la population « périphérique », 12 patients (80%) présentaient une dorsiflexion active en analytique jusqu'à la position moyenne de  $0,5 \pm 11,7^\circ$ . A la marche, on visualisait une dorsiflexion chez 10 patients (66,7%) avec un arc de mobilité de  $5,8 \pm 1,6^\circ$ . 100% des patients ont été sevrés de leur appareillage, le score de satisfaction global était en moyenne de 2/4. Sur le plan de la statique, on observait plus de pieds creux du côté opéré. Il n'y avait pas de prépondérance de valgus d'

arrière-pied, mais on objectivait 4 varus. On notait 1 pied pronatus et 2 pieds supinatus-adductus.

**Conclusion** : Le transfert du tibial postérieur semble donc offrir des résultats fonctionnels intéressants dans les deux populations, sans entraîner d'effondrement de l'arche médiale du pied.



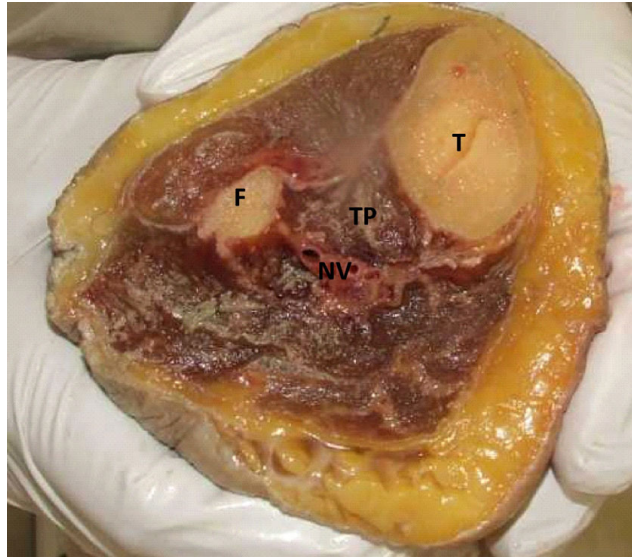
# 1. INTRODUCTION

## 1.1. Anatomie et mise en jeu des fléchisseurs dorsaux et du tibial postérieur lors de la marche

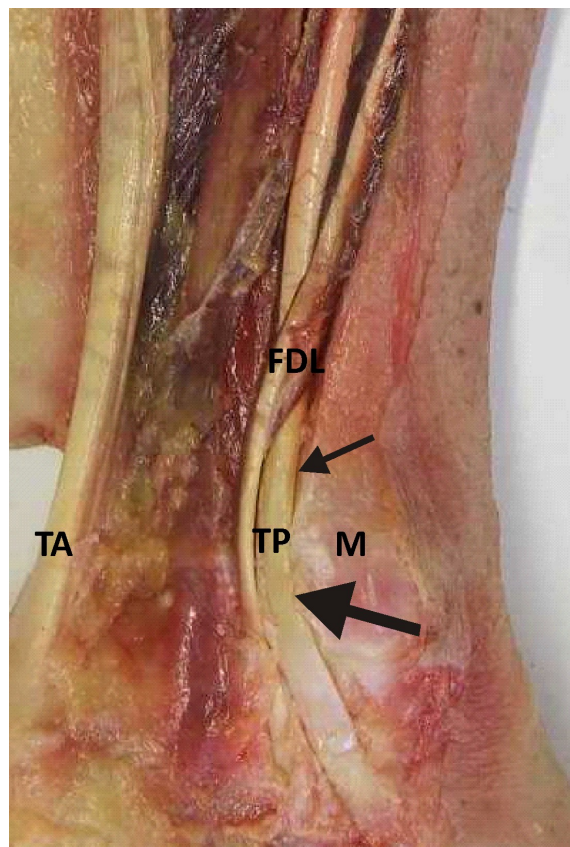
### 1.1.1. Anatomie descriptive du muscle tibial postérieur [1]

Le tibial postérieur (TP) est un muscle de la loge postérieure profonde de la jambe, avec le long fléchisseur de l'hallux (LFH) latéralement et le long fléchisseur des orteils (LFO) médialement. Musculaire proximatement, il prend son origine sur les deux-tiers proximaux de la face postérieure du tibia et de la face médiale de la fibula ainsi que sur la membrane interosseuse crurale (Figure 1). Il se dirige distalement et médialement, croisant antérieurement le trajet du LFO. Son aponévrose débute à mi-jambe sur le versant médial du muscle et se prolonge en un tendon qui parcourt une poulie de réflexion constituée par le sillon malléolaire médial (Figure 2). Il est contenu dans une gaine synoviale propre et est stabilisé par le rétinaculum des fléchisseurs qui constitue le toit du tunnel tarsien. Il est en étroite relation avec le ligament deltoïde et le ligament calcanéonaviculaire plantaire ou *spring ligament*. A son extrémité, il se termine en trois faisceaux d'insertion terminaux [2–4] :

- le faisceau antéromédial : s'insère sur la tubérosité de l'os naviculaire, sur la capsule inférieure de l'articulation cunéo-naviculaire et sur la face plantaire du cunéiforme médial.
- le faisceau intermédiaire : croise obliquement la voûte plantaire, le ligament plantaire long, puis les ligaments tarsométatarsiens plantaires des 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> rayons, puis se termine sur la face plantaire des cunéiformes intermédiaire et latéral, du cuboïde et sur la base des trois métatarsiens centraux. A cet endroit, les fibres croisent le tendon du long fibulaire (LF).
- Le faisceau collatéral, se dirige latéralement pour s'insérer au niveau de la surface plantaire sur le sustentaculum tali.



**Figure 1 :** Coupe anatomique de jambe à 10cm en distal du genou, indiquant l'insertion proximale du tibial postérieur (TP : tibial postérieur, NV : paquet neurovasculaire, F : fibula, T : tibia) – Tiré de l'article de Semple et al.



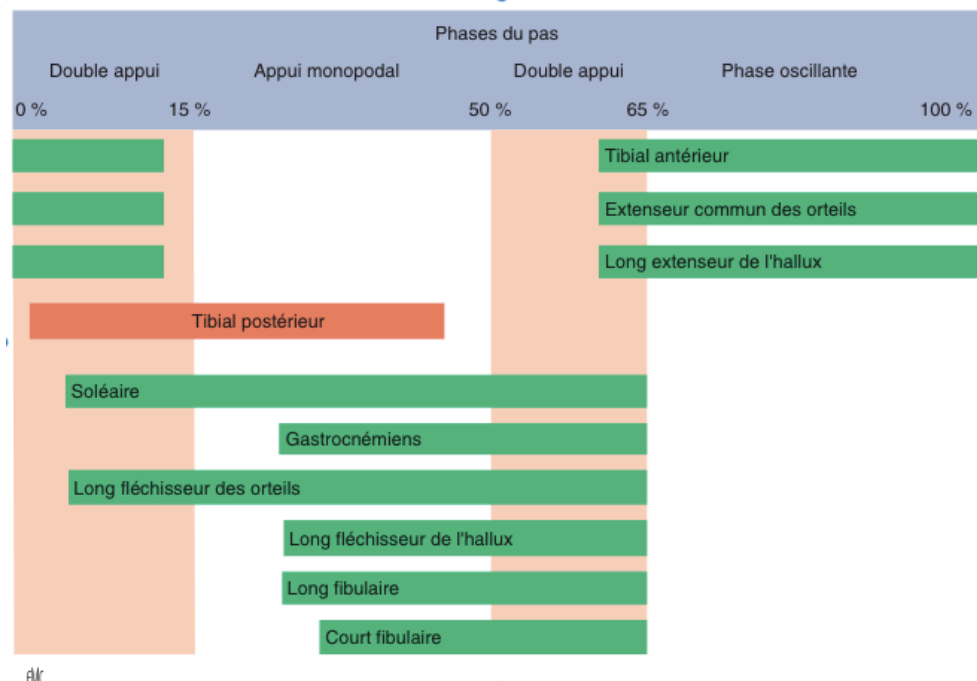
**Figure 2 :** Le tibial postérieur en rétromalléolaire (TP : tibial postérieur, FDL : flexor digitorum longus, TA : tendon d'Achille, M : Malléole interne) – Tiré de l'article de Semple et al.

Sa vascularisation provient proximale de branches de l'artère tibiale postérieure et distalement, à l'interface os-tendon par des branches de l'artère tibiale postérieure et de l'artère dorsale du pied. Entre ces deux apports vasculaires, existe une zone d'hypovascularisation de 15mm environ, 4cm proximale à son insertion distale.

Son innervation provient des racines L5 à S2 par l'intermédiaire du nerf tibial. Les rameaux musculaires pour le TP naissent à la partie proximale en avant de l'arcade du soléaire et pénètrent le muscle à sa partie moyenne. Il peut exister des variantes anatomiques et la bonne connaissance de la situation anatomique de ces rameaux [5] est nécessaire à la réalisation des neurectomies partielles.

### 1.1.2. Actions et activité du tibial postérieur et du tibial antérieur en décharge et à la marche [6–14]

La figure 3 résume l'action des muscles du pied et de la cheville lors de la marche.

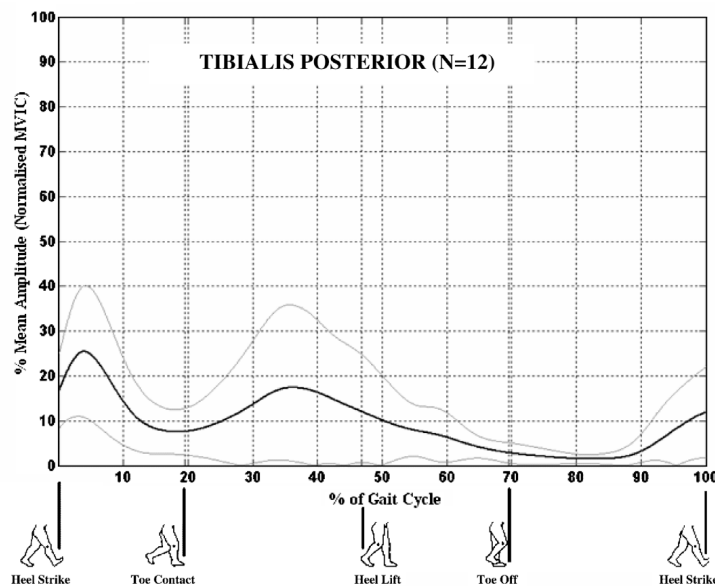


**Figure 3 : Action des muscles du pied et de la cheville lors de la marche.**  
Tiré de l'article d'E. Toullec (Encyclopédie médico-chirurgicale)

### 1.1.2.1. Le tibial postérieur

En décharge, dans son action concentrique (c'est-à-dire qui s'accompagne d'un raccourcissement) le muscle TP est un muscle fléchisseur plantaire et inverseur. De plus, de par ses multiples expansions plantaires sur la totalité de la face plantaire des os du pied, il est avec le LF une structure importante de soutènement de l'arche médiale du pied [15–17].

Quelques séries ont étudié l'activité du TP par électromyographie (EMG) invasive au cours de la marche chez le sujet sain, sans anomalie de statique d'arrière-pied ; il s'agit en général de séries de petits effectifs (entre 5 et 12) [10–14,18]. L'activité du TP mise en évidence dans ces séries survient pendant la phase d'appui, avec une moindre activité pendant la fin de la phase oscillante. Les séries les plus récentes, notamment dans la série de Murley [12], présentant le plus grand nombre de sujets, tous exclusivement sains, mettent en évidence une contraction bi-phasique du TP, dans un premier temps au moment du contact initial, puis lors de la phase de milieu d'appui [11,12].



**Figure 4 : Contraction du tibial postérieur au cours de la marche –**  
Tiré de l'article de Murley et al.

Le TP assure une fonction de stabilisation active et d'amortissement du médio-pied et de l'arrière-pied lors du pas portant, en verrouillant le tarse et assure le soutènement de la voûte plantaire avec le LF. Sa course est faible (de 1-2 cm) de

manière à réagir rapidement et éviter tout affaissement de l'arche médiale. Le TP exerce une action excentrique (c'est-à-dire qui s'accompagne d'un allongement) dès l'appui de l'avant-pied au sol et qui se prolonge lors de l'avancée du tibia. Avant même le contact initial, il existe une anticipation à l'appui, avec équilibration des muscles stabilisateurs latéraux, le TP en dedans et les fibulaires en dehors. Au moment du contact avec le sol, le calcaneus étant décalé en dehors par rapport au tibia, il se produit le phénomène de Schwartz [19] : l'arrière-pied, qui s'adapte au terrain, se met en léger valgus-pronation ; cela sollicite intensément le ligament collatéral médial et le TP, qui se contracte, ramenant l'arrière-pied en varus-supination qui, ainsi, se verrouille.

Dans un second temps, lors de la phase d'appui unipodal, par son action concentrique supinatrice, il soutient l'arche médiale du pied et verrouille les articulations du médio-pied, rigidifiant le pied talaire en prévision de la propulsion. Le TP est aidé dans cette action par le mouvement de latéralisation du corps au-dessus du seul pied en appui. Il existe alors une mise en tension du hauban latéral de la cheville, représenté par le ligament collatéral latéral et les muscles fibulaires, qui s'opposent au ligament collatéral médial et à la contraction du TP. L'articulation talo-naviculaire s'abaisse, soutenue par le ligament calcané-naviculaire plantaire (ou *spring ligament*) qui joue le rôle d'un ressort. Il existe dans le même temps un étirement des muscles plantaires et de l'aponévrose plantaire, absorbant les contraintes [20,21].

Avec le triceps sural, le TP permet la mise sur la pointe du pied en appui monopodal, avec en plus une inversion stabilisatrice. L'équilibre TP-LF sur un appui localisé uniquement à l'avant-pied règle l'orientation de l'angle du pas et l'action du LFH pour la propulsion. Son action se termine à la fin de l'appui monopodal [22] (Figure 4).

#### **1.1.2.2. Le tibial antérieur [6,21]**

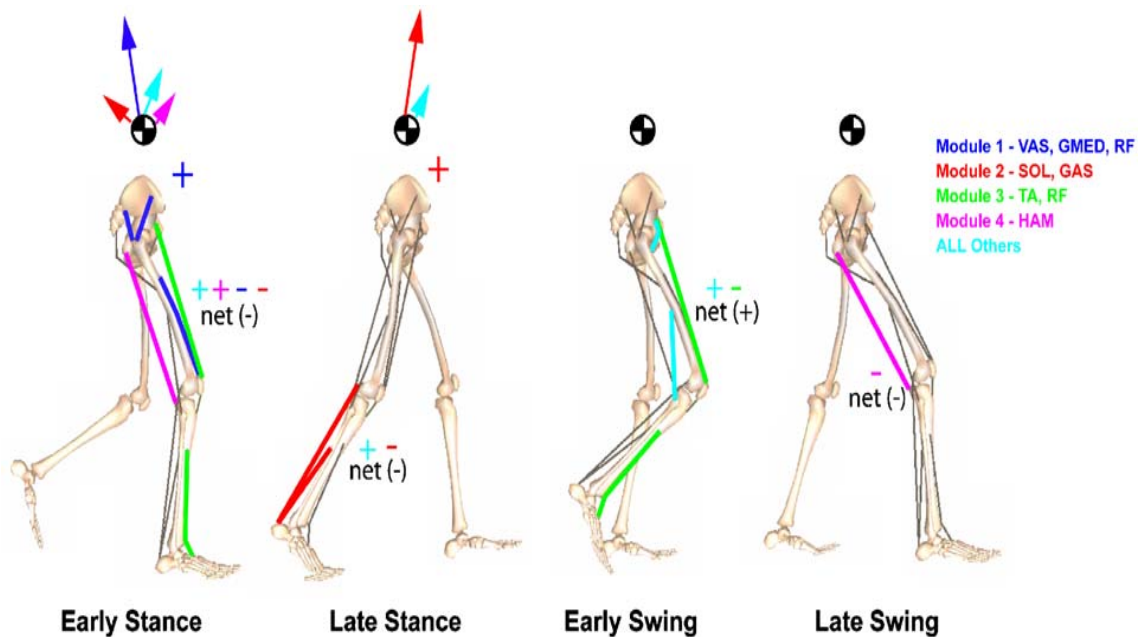
En décharge, le tibial antérieur (TA) est un muscle fléchisseur dorsal, avec une action varisante et supinatrice.

A la marche, l'activité des releveurs de pied, essentiellement le TA, et dans une moindre mesure, le long extenseur des orteils (LEO), le long extenseur de l'hallux (LEH) et le troisième fibulaire, est biphasique. La première activité des fléchisseurs

dorsaux est observée au début de la phase oscillante pour relever le pied, puis elle se réduit à la deuxième moitié de la phase oscillante. A la fin de la phase oscillante, avant même le contact initial du talon avec le sol, le TA, avec les autres releveurs, se contracte une deuxième fois et de manière plus intense pour permettre, par son action concentrique, d'amortir l'impact du talon au sol et de maintenir le pied à 90° de flexion sur la jambe, puis par son action excentrique de freiner la chute de l'avant-pied sur le sol.

En réalité, la contraction des releveurs du pied ne se fait pas de manière indépendante mais en même temps que d'autres muscles du membre inférieur, en particulier les fléchisseurs de hanche. En effet, la marche est une activité complexe, faisant intervenir plusieurs synergies musculaires automatiques, nécessaires au soutènement du corps, à la propulsion et l'oscillation du membre. Ces synergies musculaires sont organisées en « modules », selon Neptune et al [23]. Chaque module intervenant à un temps précis du cycle de la marche. Ainsi Neptune et al. décrivent en tout quatre modules différents (Figure 5). Le 3<sup>ème</sup> décrit la synergie entre muscles fléchisseurs de hanche, en particulier droit de la cuisse et les releveurs de cheville, notamment le TA. Ils présentent tous deux pics simultanés d'activité : au début de la phase portante et au début de la phase oscillante.

## 1.2. Parésie périphérique et centrale des releveurs



**Figure 5 : Organisation modulaire de la marche avec mise en jeu de plusieurs synergies musculaires aux différents temps de la marche**

(tiré de l'article de Neptune et al.)

Module 1 : vaste médial (VAS), moyen glutéal (GMED), rectus femoris (RF) ; Module 2 : soléaire (SOL), gastrocnémien médial (GAS) ; Module 3 : Tibial antérieur (TA),

La paralysie des releveurs ne répond pas à la même physiopathologie et donc à la même présentation clinique selon qu'elle est liée à une atteinte centrale ou périphérique. L'atteinte nerveuse périphérique est limitée au territoire du ou des troncs nerveux atteints, avec un déficit musculaire pur ou, le plus souvent, sensitivo-moteur. L'atteinte centrale a des conséquences globales à la fois sensitivomotrices et de la commande volontaire motrice du membre inférieur atteint, mais également des troubles posturaux. Ces troubles de commande ne portent pas seulement sur la force motrice, mais aussi sur sa sélectivité et perturbent les synergies habituelles. De plus, ce déficit n'est pas égal entre les groupes musculaires à la jambe, prédominant classiquement sur les releveurs et les fibulaires. Enfin, comme nous le verrons ultérieurement, le déficit musculaire s'accompagne d'une hypertonie multiforme des antagonistes et de troubles musculaires intrinsèques.

## **1.2.1. Pied tombant périphérique**

### **1.2.1.1. Définition**

Le pied tombant périphérique a pour origine un déficit des releveurs du pied qui provient le plus souvent d'une atteinte secondaire d'un tronc ou d'une racine nerveuse destiné à l'innervation des muscles releveurs (de proximal à distal : racine L5 principalement, nerf ischiatique, nerf fibulaire commun, nerf fibulaire profond). Selon la topographie des lésions nerveuses, l'atteinte peut ne concerner que les muscles de la loge antérieure de jambe ou porter sur d'autres muscles (loge latérale).

Cette atteinte secondaire peut être le fait :

- D'une compression herniaire : hernie discale L4-L5 le plus souvent.
- D'un traumatisme : traumatisme médullaire (TM), du genou (entorse grave), fracture de jambe (associée à une fracture du col de la fibula).
- D'une iatrogénie : lésion du nerf ischiatique lors d'une chirurgie de hanche par voie postérieure, lésion du nerf fibulaire commun lors d'une chirurgie du genou.
- D'une lésion tumorale nerveuse (neurofibrome, schwannome ou tumeur maligne) ou osseuse.
- D'une affection neurologique stabilisée (poliomyélite) ou évolutive (maladie de Charcot-Marie-Tooth (CMT), sclérose latérale amyotrophique, neuropathie tomodaculaire, etc.).
- D'une pathologie infectieuse chronique, telle que la lèpre, qui sévit toujours dans certains pays asiatiques et africains, de façon endémique, dont les conséquences sur les nerfs périphériques et en particulier le nerf fibulaire commun ont été largement décrites dans la littérature.

Il existe des équivalents de pieds tombants d'origine neurologique, constituant une entité à part, mais qui relèvent de la même thérapeutique que ces derniers. Il s'agit d'une destruction des muscles releveurs, dans le cadre, par exemple, d'un traumatisme de jambe avec délabrement important ou d'une résection carcinologique.

La fréquence des atteintes du nerf ischiatique [24] en cas de fracture du membre inférieur varie de 7,9% à 75%, en fonction du type de fracture. Le plus classiquement,



il s'agit des fractures de l'acétabulum intéressant la colonne postérieure, ou des luxations de hanche. En cas d'arthroplastie totale de hanche, la fréquence est comprise entre 0,61% et 8% en fonction des séries, les facteurs de risque étant la dysplasie de hanche, la voie d'abord postérieure, la chirurgie de reprise, l'allongement de membre, le sexe féminin et le jeune âge. La récupération conduit à des résultats satisfaisants dans 57% dans la série des paralysies ischiatiques sur fracture de Letournel et Judet [25], avec deux tiers des patients capables de reprendre leurs activités normalement. Une revue de littérature rapportait 44% de résultats moyens et 15% de mauvais résultats des paralysies sciatiques sur arthroplastie totale de hanche [26].

Concernant l'atteinte du nerf fibulaire commun [24], elle varie de 1,2% à 3% dans les fractures de plateaux tibiaux, mais peut atteindre 75% dans les traumatismes ligamentaires complexes du genou, particulièrement dans les luxations postéro-latérales du genou, avec un taux de rupture pouvant aller jusque 40%. Les facteurs de risque sont l'obésité, le sexe masculin et la fracture du col de la fibula. Dans la chirurgie du genou, en particulier les arthroplasties totales et les ostéotomies de valgisation, le taux est compris entre 0,3% et 9,5% en fonction des séries. Les facteurs de risque sont la chirurgie de reprise, la polyarthrite rhumatoïde, les morphotypes en valgus et la pose prolongée du garrot. Trente à 35% évoluent vers une déformation en varus-équin avec steppage. Vingt à 35% des paralysies complètes récupèrent spontanément totalement et le taux de récupération complète des paralysies partielles varie de 76 à 87%.

#### **1.2.1.2. Conséquence sur la marche**

La paralysie des releveurs a des conséquences directes sur les articulations de la cheville et du pied et des conséquences indirectes sur les articulations en amont.

La paralysie des releveurs entraîne une chute en équin du pied. L'attaque du pas ne peut se faire alors par le talon, avec un schéma de déroulement habituel du pas (*heel-to-toe step* des anglo-saxons) mais par l'avant-pied, inversant le déroulement normal du pas (*toe-to-heel step*), ou directement par la plante du pied. A minima, l'attaque peut se faire par le talon mais la contraction excentrique du TA à l'attaque du pas est insuffisante pour contrôler la chute du pied, faisant chuter ce dernier rapidement et bruyamment au sol, définissant la marche "steppante" ou

steppage.

Le déficit des releveurs entraîne ensuite des conséquences indirectes sur les articulations proximales. Lors du passage du pas, le patient doit nécessairement augmenter sa flexion de hanche et de genou afin d'éviter tout accrochage au sol, du fait de l'absence de relèvement de la pointe du pied. De plus, au moment de la reprise d'appui, une contraction du quadriceps « jette » l'avant-pied en avant, qui retombe sur le sol.

Ces conséquences sur la marche ont, de fait, des répercussions sur les activités de vie quotidiennes du patient. Outre le préjudice esthétique d'un pied souvent déformé en équin, il existe un préjudice fonctionnel majeur induit par la nécessité de compenser en permanence les difficultés au passage du pas par une hyperflexion de genou et de hanche, ce qui engendre une fatigue à la marche. Cela peut également amener des douleurs de la cheville, du pied, mais également des articulations en amont et des troubles posturaux et d'équilibre. Le port d'orthèses anti-équin est souvent indispensable, mais elles sont parfois mal tolérées ou acceptées, en particulier les orthèses rigides, qui peuvent blesser le patient.

### **1.2.1.3. Mesures thérapeutiques possibles**

#### **Appareillage et adaptation du chaussage**

Le déficit de releveurs peut être pallié par deux éléments :

- le **port d'orthèse anti-équin, rigide** suro-pédieuse à glisser dans la chaussure de commerce ou **souple** (de type Liberté®), système de guêtre s'attachant à un manchon autour du pied ou au laçage de la chaussure, plus léger et souvent mieux toléré par les patients. Les releveurs rigides peuvent avoir une composante « dynamique » en jouant sur la restitution des contraintes subies par les matériaux, mais qui en pratique est peu développée et étudiée dans le cadre de la parésie des releveurs.

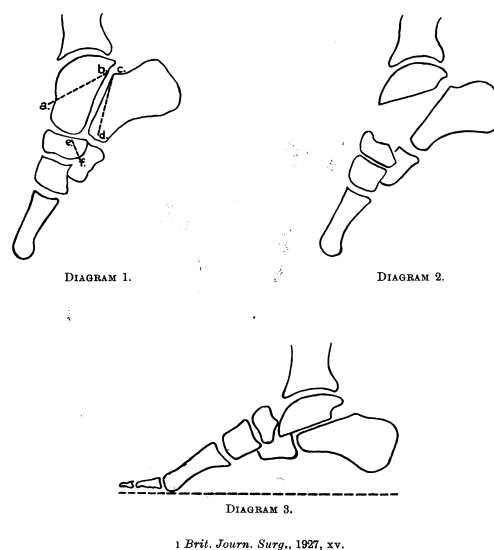
- **le port d'une chaussure à tige montante du commerce voire orthopédique** en cas de déformation importante fixée, mais on sort dans ce cadre du pied tombant isolé.

### **Traitements chirurgicaux**

Le but est d'éviter le phénomène de pied tombant et de diminuer le steppage. Il existe deux grands objectifs thérapeutiques chirurgicaux : le maintien d'un pied à 90°, notamment grâce aux gestes ostéo-articulaires et certains gestes tendineux (ténodèses), et la réanimation de la flexion dorsale, grâce aux transferts tendineux. Cela permet d'améliorer le passage et l'attaque du pas et éviter ainsi tout accrochage du pied au sol au cours de la marche. Ils sont indiqués chez les patients dont la gêne est significative, lorsque les solutions d'appareillage ne sont pas efficaces ou sont mal tolérées. Les gestes ostéo-articulaires sont préférés lorsqu'il existe une dégénérescence arthrosique articulaire, en cas de déformations majeures avec enraidissement articulaire ou en cas de pathologie neurologique évolutive.

#### **Les gestes ostéoarticulaires par arthrodèse**

- Arthrodèses des articulations transverse du tarse et subtalaire, dans le cadre d'une double arthrodèse, associées à des résections cunéiformes dans le tarse dont la forme et la localisation est fonction du type de déformation que l'on souhaite corriger. Un cas particulier d'arthrodèse du couple de torsion est associé à une résection talaire et calcanéenne triangulaire à base antérieure avec effet anti-équin, décrit par Lambrinudi [27] (Figure 6). Cette technique garde des indications limitées et ne corrige que partiellement l'équin global [28,29], avec un risque non négligeable de nécrose du talus [30].



**Figure 6 : Arthrodeuse du couple de torsion selon Lambrinudi**

- Arthrodeuse de l'articulation talo-crurale, rarement pratiquée, avec un risque de décompensation arthrosique des articulations sus et sous-jacentes par augmentation des contraintes et de déformation progressive du couple de torsion. En cas d'équin majeur, une arthrodeuse de cheville raccourcissante peut être réalisée avec talectomie partielle ou totale. Dans ce dernier cas, une arthrodeuse tibio-calcanéenne est alors réalisée.

### Les ténodèses

Une fixation des tendons releveurs ou ténodèse apporte un effet exclusivement passif de limitation de la chute du pied. Leur indication est rare, car on leur reproche leur efficacité temporaire [17].

### Les transferts tendineux

Il s'agit du geste idéal car visant en plus à réanimer une dorsiflexion active du pied à l'aide d'un autre tendon, non déficitaire. Ce type de geste chirurgical doit répondre aux règles suivantes [31,32] :

- Terrain :

- L'état du patient doit être stabilisé, sans évolution possible. Un délai d'un an est attendu au minimum avant réalisation d'un transfert dans le cas de sujets avec atteinte nerveuse périphérique.
- La mobilité des articulations à réanimer doit être optimale ; toute rétraction musculaire, tendineuse, capsulaire doit être levée ; ces articulations doivent être en outre indolores et saines.
- Les parties molles dans lesquelles le transfert doit passer doivent être de bonne qualité et si possible vierges de toute intervention antérieure, source d'adhérences.

- Choix du transplant :

- Les muscles transposés doivent avoir une équivalence de force et d'excursion au muscle déficitaire à pallier. Ces caractéristiques sont en rapport avec le volume, la surface de section (*cross-sectional area*) et la longueur des fibres du muscle respectivement [9].
- Il est admis qu'un transplant perd en général un point de force après transfert. Ainsi, la force du muscle transposé doit être au moins de 4/5 selon la cotation du Medical Research Council (MRC), pour permettre en théorie une fonction active satisfaisante d'un transplant et éviter un simple effet ténodèse.
- Il peut s'agir d'un agoniste ou d'un antagoniste. La rééducation est en générale facilitée par le transfert d'un muscle agoniste, mais dans le cadre du pied tombant où l'on cherche à palier le déficit du TA, principal releveur, le déficit souvent associé de tous les muscles de la loge antérieure exclut souvent l'utilisation d'un agoniste pour la réanimation de la flexion dorsale.
- La fonction du transplant est prise en charge par un autre muscle et son prélèvement n'entraîne pas d'effet délétère.

- Trajet : le muscle transféré doit répondre à un trajet le plus direct possible. En effet, les angulations sont source d'adhérences et de pertes d'efficacité.

- Prolongation : il convient d'éviter la prolongation des transplants par des greffes tendineuses génératrices d'adhérences.
- Réglage de la tension : la tension du transfert doit être dosée précisément, car si le transfert est insuffisamment tendu, la course musculaire est trop longue et ne permet pas une bonne expression de la force musculaire ; s'il est au contraire trop tendu, la mobilité articulaire est réduite, voire ne permettra pas le raccourcissement du corps charnu. Dans la mesure où le transfert se détend en postopératoire, il est recommandé de le tendre un peu plus que la tension du tendon substitué. La tension ne doit en outre limiter la fonction du/des antagoniste(s) (en l'occurrence de la flexion plantaire dans le cas du transfert du TP).
- Suture : La suture à privilégier doit être de type tendon-à-tendon, sur la plus grande surface d'affrontement (ex : suture selon Pulvertaft). Les sutures de type tendon-à-os sont davantage sources de complications de type non-fixations ou de lâchage de suture et ne permettent pas de mesurer correctement la tension tendineuse.

**Le transfert le plus fréquemment utilisé est celui du muscle TP.** Il possède un volume et une longueur de fibres équivalents à ceux du TA [9], donc une force et course tendineuse idéales pour pallier ce releveur déficitaire. Le TP est désinséré au niveau du naviculaire puis rerouté pour être réinséré plus latéralement sur le dos du pied. Il existe deux types de trajets : la voie circumtibiale et la voie interosseuse.

Le premier transfert antérieur du TP a été décrit par Ober en 1933 [33] et était effectué par voie circumtibiale. Cette voie consiste à transférer le TP en sous-cutané autour de la face médiale du tibia avant de réinsérer le tendon sur le dos du pied. Ce trajet est moins utilisé car il présente plusieurs inconvénients : 1) il est consommateur de longueur de tendon, 2) il entraîne une incidence d'inversion iatrogénique plus importante, avec un réglage plus difficile à effectuer pour garder un pied en position neutre, et 3) l'amplitude de dorsiflexion est moins importante [34–37].

En 1937, Mayer [38] décrit pour la première fois la voie interosseuse. Elle consiste en un reroutage du tendon du TP à travers la membrane interosseuse. Cette technique de transfert a l'avantage d'être plus directe et de faciliter le réglage et la

fixation du transfert, en agissant dans l'axe du pied. Il a été reproché à ce trajet de générer plus d'adhérences [36,39,40] et donc de limiter le transfert à un effet ténodèse. Toutefois, la réalisation d'une fenêtre suffisamment large dans la membrane interosseuse limite cet effet indésirable.

Près de 20 ans après Mayer, Watkins et Brand [41,42] ont décrit une nouvelle zone de réinsertion osseuse du transfert sur le tarse antérieur au niveau des cunéiformes. Depuis, plusieurs variantes de zone de réinsertion et de techniques d'insertion ont été décrites. Toutefois, les réinsertions osseuses ont été sources de nombreux échecs avec lâchage du matériel de réinsertion (vis, agrafes, pull-out). De plus, les techniques avec réinsertion osseuse ne permettaient pas de bien doser la tension tendineuse. Carayon [43] à la même époque a décrit une réinsertion tendineuse en amont de la cheville en associant au transfert du TP sur le TA, le transfert du LFO sur les LEH et LEO [44]. Green [45] en 1983, a proposé un transfert bifurqué du TP à travers la membrane interosseuse, avec une bandelette insérée sur le TA et une autre sur les LEO et LEH, afin d'obtenir une position finale équilibrée du pied. Prahinski [46] a proposé un montage en bride de cheval (*Bridle procedure*), décrit initialement par Riordan [47] en 1991 : les tendons du TA et du LF sont anastomosés en rène de cheval et le transfert y est alors amarré, permettant ainsi une équilibration entre inverseurs et éverseurs. Toutefois, cette technique demande un temps d'intervention plus long, et la complexité du montage dissipe les forces de traction du transfert qui en devient moins performant. Parmi les techniques proposant de réaxer le TA, Tomeno [48] a proposé d'utiliser le tendon terminal du TA en le faisant sortir par l'axe du 2<sup>ème</sup> espace intermétacarpien puis en le suturant au TP passé en avant, permettant ainsi de latéraliser l'insertion du transfert dans l'axe du 3<sup>ème</sup> métatarsien afin d'assurer une position du pied la plus neutre possible. Vigasio [49] a décrit une technique similaire, mais le tendon TA, sectionné proximale, est passé à partir de son insertion distale à travers un tunnel osseux tarsien et ressorti par le cunéiforme latéral.

Le TP n'est pas la seule source possible de transfert visant à réanimer la dorsiflexion, tous les antagonistes peuvent être utilisés comme transplant [17]. Ainsi, les fibulaires peuvent être utilisés, en cas de déficit des LFH, LFO et du TP, avec une préférence pour le LF dont la course est plus longue. Après avoir été sectionné, le tendon, à sa distalité, est amarré au court fibulaire pour éviter une horizontalisation du premier métatarsien. Les transferts du soléaire et celui du LFO ont également été

décrits, mais leur volume et leur course respectifs sont différents de ceux du TA [9], si bien qu'ils ne peuvent constituer chacun un transplant satisfaisant pour réanimer la dorsiflexion et se limitent à un effet de ténodèse.

Quelle que soit la technique utilisée, la zone de réinsertion du transfert choisie doit permettre une position équilibrée du pied dans le plan frontal en évitant toute inversion ou éversion parasite. Le choix de la zone de réinsertion dépend également du bilan musculaire préopératoire, afin d'obtenir le meilleur équilibre tendineux postopératoire (en s'enquérant en particulier de la commande sur les fibulaires, les extenseurs des orteils et de l'hallux, les muscles de la loge postérieure).

## **1.2.2. Pied varus-équin spastique d'origine centrale**

### **1.2.2.1. Définition et physiopathologie**

La déformation qui est classiquement rencontrée est le varus équin, associant une déformation en hyperflexion plantaire de cheville et un varus plus ou moins important d'arrière-pied. La fréquence de pied varus et/ou équin spastique varie de 18% à un an après un accident vasculaire cérébral (AVC) [50] à 56% toutes étiologies confondues [51]. Il n'existe pas d'étude épidémiologique étudiant la fréquence des pieds varus-équin dans les autres pathologies centrales.

Alors que dans le cas d'une atteinte périphérique la problématique est uniquement déficitaire sur les releveurs (en termes de force), la physiopathologie des atteintes centrales est plus complexe ; en effet, ces dernières sont à l'origine de troubles neuromoteurs associant troubles de la commande motrice, hypertonie pyramidale et modifications musculaires intrinsèques à l'origine de déséquilibres musculaires complexes [52,53] (Figure 7).

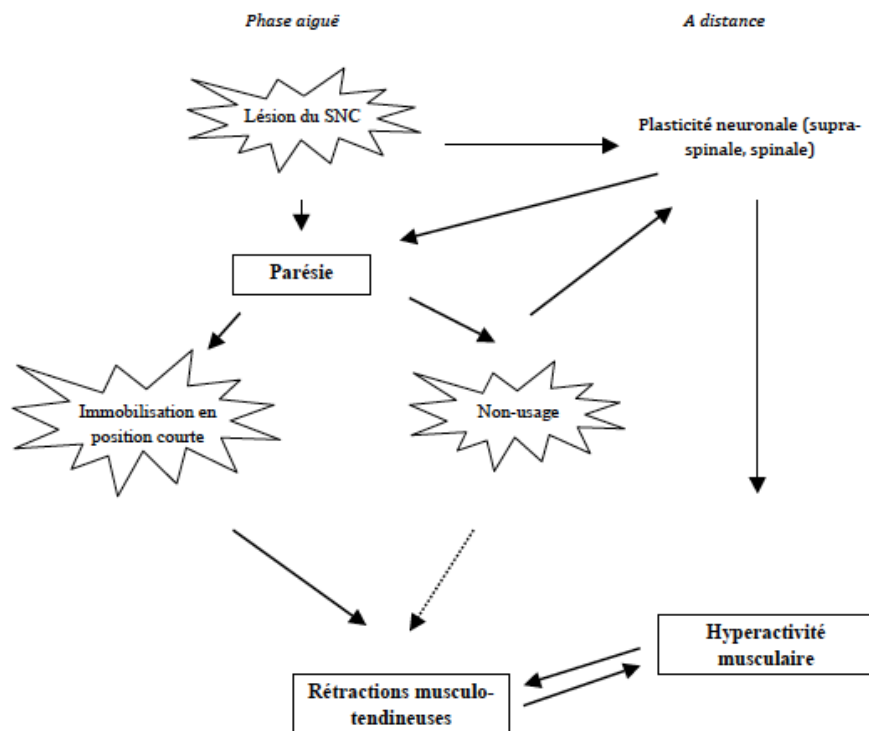
Les troubles de la commande motrice ne sont pas limités à un manque de force, mais aussi à une altération de la sélectivité de la commande, et à une modification des synergies musculaires impliquées dans la marche.

L'hypertonie musculaire, appelée communément spasticité, revêt en fait des aspects différents qui sont sous-tendus par des mécanismes physiopathologiques différents. Ces principales formes sont les suivantes :



- La spasticité, définie par Lance [54,55] comme une exagération vitesse-dépendant du réflexe d'étirement ;
- La dystonie spastique, qui correspond à une contraction musculaire tonique permanente en l'absence d'étirement phasique ou d'effort volontaire ;
- Les cocontractions spastiques entre agonistes et antagonistes, contractions involontaires inappropriées de l'antagoniste, lors d'un mouvement volontaire de l'agoniste.

Les modifications musculaires peuvent être précoces, et comportent un enrichissement du muscle spastique en fibres lentes, en éléments conjonctifs et adipeux, un raccourcissement (diminution du nombre de sarcomères) et une perte de volume ; ainsi l'étirement maximal du muscle est obtenu avec une course articulaire plus réduite que chez le sujet sain.



**Figure 7 :** Mécanismes aboutissant au développement de la parésie spastique déformante après une lésion du système nerveux central, où apparaissent notamment les 3 principales déficiences neuromotrices en jeu (parésie, rétractions, hyperactivité musculaire). D'après Gracies.

Les capacités de dorsiflexion sont la résultante de l'action de releveurs parétiques et activés le plus souvent non-sélectivement, à laquelle s'oppose une hypertonie parfois complexe et multiforme des muscles de la loge postérieure. Les déformations dans le plan frontal en varus ou en valgus naissent du déséquilibre entre inverseurs (notamment TP et TA) et éverseurs, souvent déficitaires.

Des études EMG dynamiques chez les sujets spastiques présentant un varus-équin ont analysé l'activation des muscles spastiques pendant la marche [56–60]. En temps normal, le triceps sural est activé au milieu de la phase portante, avec une action alors freinatrice sur l'avancée du tibia. Il semblerait que, chez le sujet spastique, il existe une activation précoce et prolongée du triceps sural, dès la fin de la phase oscillante ou lors de l'attaque du pas. Le gastrocnémien ou le soléaire peuvent être impliqués isolément, mais en général, les deux sont spastiques. Concernant le TA, chez le sujet spastique, il serait actif pendant tout le cycle, non seulement pendant la phase oscillante mais aussi pendant la phase portante, et participe à la déformation en varus-équin [58–60]. L'inversion peut être aggravée par le LFO et surtout le LFH, avec déformation en griffe des orteils ou de l'hallux qui accompagne alors le varus-équin. Enfin, le TP semble avoir moins d'implication dans la déformation en varus que le TA [56], notamment chez les patients victimes d'un traumatisme crâniens ou d'un AVC par rapport aux patients paralysés cérébraux (anciennement IMC), à tel point que certains auteurs [57,58] suggèrent la réalisation d'EMG, à des fins thérapeutiques à la recherche d'une activité du TP en phase oscillante : si celui-ci est actif, un transfert antérieur peut être proposé ; dans le cas contraire, un allongement de son tendon lui est préféré.

#### **1.2.2.2. Conséquences sur la marche**

Comme pour le sujet présentant une atteinte périphérique, chez le sujet central, l'atteinte des releveurs a des conséquences directes sur les articulations de la cheville et du pied, et des conséquences indirectes non seulement sur les articulations plus proximales du membre inférieur atteint [61], mais également du bassin et du rachis.

Lors de l'attaque du pas, il existe une limitation de la flexion dorsale de cheville en début de phase d'appui, avec une attaque au sol digitigrade ou par le bord latéral

du pied, voire par le 5<sup>ème</sup> orteil en cas de varus associé.

Contrairement au sujet avec atteinte périphérique, l'équin distal est rarement compensé par une flexion de hanche et de genou. Il s'y associe plutôt une syncinésie d'extension du genou avec défaut de flexion de hanche, nécessitant, pour le passage du pas, une circumduction de bassin et abduction de la hanche. Le pas oscillant a alors un aspect particulier en « fauchage ». Ce « fauchage » peut s'accompagner en plus d'une inclinaison controlatérale du bassin et du rachis pour faciliter le passage du pas.

Lors du pas portant, l'appui peut être plantigrade malgré l'équin grâce à une compensation du genou en hyperextension, responsable d'un recurvatum. Il se fait en équin si les rétractions des muscles de loge postérieure sont plus importantes. D'autre part, il existe une absence de flexion dorsale dans la deuxième phase du pas portant avec insuffisance de propulsion à la fin de celui-ci et limitation du pas postérieur.

Du fait de cette déformation en varus-équin du pied, la marche est globalement instable, peu performante, voire impossible à pieds nus en cas d'absence d'appui plantigrade. Ceci peut entraver considérablement l'autonomie élémentaire du patient au quotidien, où les transferts et les déplacements ne peuvent être réalisés qu'avec une aide technique, voire avec l'aide d'une tierce personne. Les difficultés au passage du pas sont un facteur de risque de chute mécanique, dont les conséquences peuvent être majeures (fracture de l'extrémité proximale du fémur, régression fonctionnelle). La qualité de vie et la participation s'en trouvent alors affectées.

### **1.2.2.3. Mesures thérapeutiques possibles**

#### **Médicales et orthétiques**

Un traitement par orthèses ou chaussures orthopédiques peut être proposé, du même type que précédemment décrit pour les sujets présentant une paralysie périphérique, mais avec dans certains cas des contraintes liées à l'hypertonie musculaire.

Plusieurs traitements médicaux visant à réduire l'hypertonie musculaire peuvent

être également proposés. Le traitement par toxine botulique est aujourd'hui le principal recours. Elle permet d'améliorer la dorsiflexion passive et la spasticité (mesurée par l'échelle d'Ashworth [62]). Certaines études ont décrit une amélioration significative de la flexion dorsale en phase portante, mais pas en phase oscillante, où le port d'une orthèse anti-équin restait nécessaire pour éviter le pied tombant et permettre le passage du pas sans accrochage [63].

De plus, l'effet de la toxine botulinique peut être partiel et est limité par la dose maximale autorisée par injection. Son effet est épuisable, nécessitant le renouvellement de l'injection de manière itérative.

Les thérapeutiques générales (baclofène, dantrium, tizanidine) tout comme le baclofène intrathécal par l'intermédiaire d'une pompe implantée, sont des traitements intéressants chez les sujets présentant une spasticité diffuse non contrôlée du membre inférieur concerné, mais ne sont souvent pas des réponses adéquates isolément à la problématique spécifique des déformations distales.

### **Traitement chirurgicaux**

Il existe une multitude de gestes possibles dans le cadre global des déformations distales d'origine centrale, mais nous concentrerons notre propos sur les techniques visant à améliorer (directement ou indirectement) la flexion dorsale de cheville en phase oscillante et à l'attaque du pas.

#### **Geste nerveux : la neurotomie**

Des neurotomies sur les rameaux musculaires destinés aux muscles hypertoniques concernés peuvent être proposées. Elle a été mise au point par Gros, en 1977 [64]. Elles consistent en une section partielle du rameau nerveux (environ les  $\frac{3}{4}$ ) pour le muscle dont on souhaite diminuer la spasticité. La multiplicité de l'innervation motrice de chaque muscle permet de conserver une force musculaire utile (après une paralysie transitoire les premiers mois). D'autre part, la repousse de motoneurones alpha par bourgeonnement ("sprouting"), contrairement aux fibres afférentes, après la neurotomie explique le maintien de la force musculaire, sans récurrence de la spasticité.

Par exemple dans le cas d'un pied varus-équin, il peut être réalisée une neurotomie au niveau des rameaux du nerf tibial pour les rameaux destinés aux deux

chefs du gastrocnémien, au soléaire (le rameau proximal), le TP, et plus difficilement les LFO et LFH.

### Gestes tendineux

Classiquement, ils sont de deux types : le transfert tendineux et l'allongement.

Le transfert tendineux est le traitement de référence pour la réanimation de la flexion dorsale du pied. Il peut utiliser :

- Le TA en cas de varus dynamique en phase oscillante : on réalisera alors un hémi-transfert sur le bord latéral du pied.
- Le TP, en cas de varus plutôt en phase portante et en cas de déficit complet du TA; dans ce cas là, le transfert permet en plus de pallier le déficit du releveur. D'autres muscles antagonistes peuvent être utilisés comme transfert palliatif.

Les bases techniques des transferts sont identiques à celles des paralysies nerveuses périphériques. Selon certains auteurs, un délai minimum de 1 an post-AVC ou de 2 ans après un traumatisme crânien (TC) est attendu avant réalisation d'un transfert tendineux [65][source-article Garches].

L'allongement permet, quant à lui, de corriger une déformation par rétraction tendineuse, avec pour objectif, de repositionner le pied à plat, mais ne compense pas le déficit des releveurs.

En cas d'équin, deux cas de figures peuvent être envisagés :

- S'il existe une rétraction tendineuse du triceps sural, un allongement tendineux en Z au niveau du tendon d'Achille peut être réalisé, à ciel ouvert ou en percutané. Dans ce dernier cas, l'allongement se fera sans suture, à la seule condition qu'il n'existe pas de spasticité ou de dystonie des muscles antagonistes, ce qui risquerait d'entraîner une hypercorrection.
- S'il existe une rétraction du gastrocnémien uniquement, un allongement de leur aponévrose terminale peut être réalisé.

En cas de varus associé, celui peut être corrigé :

- Parfois par le simple allongement du tendon d'Achille, qui possède un effet varisant lorsqu'il est rétracté ;
- Par allongement ou ténotomie du TP lorsque celui-ci est rétracté et responsable du varus ;
- Par transfert tendineux.

### Gestes ostéoarticulaires

La chirurgie ostéoarticulaire intervient en cas d'instabilité dans le médio-pied ou dans les rares cas de fixation articulaire du varus-équin. Les modalités de ces gestes sont les mêmes que celles présentées plus haut, dans les paralysies nerveuses périphériques. Chez les sujets spastiques, les arthrodèses talo-crurales sont rares. Le maintien d'une mobilité dans l'articulation facilite le passage du pas et protège le genou, qui peut présenter une instabilité en récurvatum.

## **1.3. Synthèse et objectifs**

### **1.3.1. Synthèse**

A la lecture de la littérature, il nous semble intéressant de souligner, dans cette synthèse, trois points en particulier concernant l'étude des transferts du TP:

- 1) L'abondance de séries de patients étudiant des paralysies des releveurs d'origine périphérique, notamment d'origine infectieuse (lèpre), mais très **peu de séries de patients adultes présentant des troubles centraux.** Depuis sa description par Mayer dans les années 30, le transfert du TP par voie interosseuse a fait l'objet de nombreuses études, essentiellement à travers des séries de patients présentant des paralysies périphériques, notamment dans le cadre de la lèpre. En occident, ces paralysies ne sont plus l'apanage de pathologies infectieuses, telles que la lèpre ou la poliomyélite, mais de lésions post-traumatiques, de compressions herniaires ou encore iatrogéniques au cours de chirurgie de hanche ou de genou. Son utilisation chez les sujets adultes spastiques est beaucoup moins décrite et l'on trouve peu de séries relatant les résultats à long terme de ce transfert chez des adultes présentant

un pied équin ou varus-équin d'origine centrale. Une seule étude traite exclusivement de cas de paralysie centrale [66][Gascq], deux autres présentent une population « mixte », c'est-à-dire associée à des cas de paralysies d'origine périphérique [67,68].

2) **L'évaluation de l'efficacité du transfert est la plupart du temps réalisée de manière analytique lors de mouvements sélectifs de flexion dorsale, et non en situation de marche.**

Les résultats décrits sont la plupart du temps satisfaisants avec une dorsiflexion active allant au delà de la position neutre pour 70-90% des cas, avec une moyenne de dorsiflexion active allant de 0 à 10° en fonction des séries [40,49,66,68–73]. L'efficacité est très rarement étudiée lors de la marche de façon clinique ou en utilisant une analyse vidéo 2D ou 3D de la marche, ou par toute autre mesure des angles de dorsiflexion de la cheville lors de la phase oscillante. Or, nous avons pu voir que l'activation d'un muscle à la marche revêt un caractère semi-automatique et s'inscrit dans des schémas ("patterns") synergiques et peut être très différente de son activation analytique. On ne trouve qu'une seule étude dans la littérature ayant réalisée une analyse quantifiée de la marche de 12 patients (23 pieds) ayant bénéficié d'un transfert du TP pour pied tombant et souffrant du syndrome de CMT [71]. Il s'agit d'une étude prospective comparant, entre autres, la dorsiflexion active au cours du pas oscillant en pré-opératoire et en post-opératoire. Elle trouvait une augmentation significative de la dorsiflexion pendant le pas oscillant, comparable aux valeurs mesurées chez un groupe de sujets sains appariés sur l'âge. Il existe de plus une amélioration significative du score de l'American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) [74] qui passe de 55 en pré-opératoire à 76 en post-opératoire.

3) **Il existe toujours une controverse quant aux effets indésirables potentiels du transfert sur la statique du pied, en particulier concernant le risque d'effondrement de l'arche médiale et d'apparition d'un valgus d'arrière-pied.** La survenue de pieds plats valgus sur dysfonction voire rupture du TP est bien connue[7,17,20,75] : le TP étant le principal stabilisateur médial du médio-pied, en cas d'inefficacité de celui-ci, aucune force ne s'oppose à l'action des fibulaires et en particulier du court fibulaire, principal éverseur du pied. On

observe alors une distension progressive des structures ligamentaires plantaires de soutien de l'arche, avec flexion plantaire de la tête du talus et constitution progressive d'un pied plat abductus [7,20]. D'autre part, si la déficience du TP s'ajoute à la rétraction du tendon calcanéen, la force propulsive du triceps sural agit sur le médio-pied plutôt que sur les têtes des métatarsiens, avec pour conséquence une éversion de l'articulation subtalaire, un valgus du talon et une abduction du pied au niveau de l'articulation talo-naviculaire [7,75]. Dans le cadre du transfert du TP, certains auteurs suggèrent de ne pas réinsérer le muscle sur le bord latéral du pied (cuboïde, court fibulaire) au risque de voir un effondrement de l'arche médiale avec valgus d'arrière-pied, d'autant plus que les fibulaires sont actifs [72,76,77]. D'autres préfèrent un transfert en étrier (*Bridle procedure*) [78] ou avec réinsertion de deux hémibandelettes du TP [59,68–71,73], l'une réinsérée sur le TA, l'autre sur les LEO et LEH, tel que décrit par Green, afin de rééquilibrer au mieux le pied dans le plan frontal. Aucune série dans la littérature ne fait état d'effondrement de l'arche médiale parmi les patients ayant bénéficié d'un transfert du TP. Seule une étude de cas décrivait une patiente ayant présenté un pied plat valgus (PPV) après un transfert bilatéral du TP sur le cunéiforme intermédiaire, dans les suites d'un syndrome de Guillain-Barré. La force des éverseurs était nulle. La patiente a développé un pied plat à droite uniquement, ayant nécessité la réalisation d'une double arthrodèse. La statique préopératoire du pied n'était pas connue. Aucune explication n'est donnée quant à cette évolution morphostatique.

### **1.3.2. Objectifs de l'étude et Hypothèses**

#### **1.3.2.1. Objectifs**

Les objectifs principaux de notre étude sont :

- 1) d'étudier l'efficacité du transplant du TP sur le plan analytique (récupération d'une dorsiflexion active) et fonctionnel (amélioration de la cinématique de marche, des conditions de marche et de l'autonomie), en prenant en compte les spécificités des atteintes centrales et périphériques.



- 2) d'évaluer les effets indésirables du transfert, en particulier chercher une modification de la statique du pied, avec effondrement de l'arche médiale et apparition d'un valgus d'arrière-pied ou tout autre trouble de la statique en rapport avec un déséquilibre musculaire éverseurs/inverseurs.

### **1.3.2.2. Hypothèses**

Les hypothèses principales émises sont :

- 1) Un rétablissement d'une attaque du pas au minimum pied à plat, avec amélioration des conditions de marche avec de meilleures habitudes de marche. On prévoit d'obtenir de meilleurs résultats fonctionnels chez les sujets périphériques, étant donné la globalité et la complexité des troubles de la marche chez le sujet spastique, dont le problème ne se situe pas uniquement au niveau du déficit des releveurs du pied.
- 2) Absence d'apparition d'un PPV lors de la réinsertion du transfert sur le dos du pied ou sur le TA. Un varus du pied est à prévoir en cas de transfert sur le TA avec déficit des éverseurs. Un effondrement de l'arche médiale est à craindre en cas de réinsertion sur le bord latéral en cas de déficit des inverseurs par rapport aux éverseurs.

## 2. MATERIELS ET METHODES

Dans notre étude, nous avons évalué deux populations différentes selon l'origine de l'atteinte neurologique, périphérique et centrale, respectivement appelées population « centraux », population « périphériques ». Nous décrivons dans ce chapitre la méthodologie utilisée, commune aux deux populations, avec les points spécifiques relevés pour l'une et pour l'autre. Le tableau I p.57 résume les critères recueillis pour chacune des populations.

### 2.1. Patients

L'ensemble des patients a été recruté de manière rétrospective au sein du CHRU de Lille. La majorité avait été opérée dans le service d'Orthopédie B (Pr Fontaine et Dr Grauwin) après avoir été évalués dans le cadre de la consultation multidisciplinaire réunissant au moins un médecin de Médecine Physique et de Réadaptation (MPR), un chirurgien orthopédiste et un neurochirurgien.

Les critères d'inclusions étaient les suivants :

- Age > 18 ans.
- Patients présentant une paralysie des releveurs dans les suites d'une atteinte neurologique centrale ou périphérique.
- Patients ayant bénéficié d'un traitement chirurgical par transfert du TP par voie interosseuse.
- Recul post-opératoire > 9 mois.

Les critères d'exclusion étaient les suivants :

- Troubles psychiatriques ou cognitifs entravant la bonne compréhension des consignes.
- Patients non marchant ou présentant tout autre trouble de la marche d'origine extra-neurologique pouvant retentir significativement sur la marche.

La période d'étude a porté sur les patients opérés entre janvier 1995 et janvier 2013. Les patients étaient contactés par téléphone, où leur étaient expliqués le déroulement et l'intérêt de l'étude. En cas d'accord, il était convenu d'un rendez-vous en salle d'analyse de marche à l'hôpital Swynghedauw, où se déroulaient les évaluations cliniques et instrumentales. Tous les patients inclus dans l'étude ont signé un consentement écrit après avoir reçu des informations verbales et écrites sur l'étude.

## **2.2. Traitement : Transfert du tibial postérieur et gestes associés**

Les transferts du TP ont tous été réalisés par voie interosseuse. Le patient était installé en décubitus dorsal avec un coussin sous la fesse pour éviter toute rotation latérale et mettre la patella au zénith ; un garrot pneumatique était gonflé à 300mmHg à la racine du membre inférieur concerné. On réalisait en tout trois incisions, chacune était refermée au fur et à mesure, sans drainage.

Une première incision d'environ 5-6 cm était réalisée en rétro et sous-malléolaire médial, centrée sur le relief du TP palpable entre la malléole médiale et le tubercule du naviculaire. La gaine était ouverte et après l'ouverture du rétinaculum des fléchisseurs, le tendon du TP était saisi par un petit dissecteur et coupé en distal, en position de varus-équin maximale, afin d'en obtenir une longueur maximale ; le tendon était alors fafilé au fil résorbable tressé.

Une seconde incision d'environ 10-15 cm était réalisée en avant de la jambe, parallèlement et 1 cm latéralement à la crête tibiale, environ un travers de main au dessus de l'interligne de la cheville, afin d'être proximal au rétinaculum des extenseurs, au 1/3 moyen de la jambe. La face latérale du tibia était ruginée pour accéder, en dedans du TA, à la membrane interosseuse, après avoir récliné le tibial antérieur et le paquet vasculaire TA latéralement avec des écarteurs de Farabeuf profonds. La membrane interosseuse était alors complètement excisée entre le tibia et la fibula sur toute la hauteur de l'incision, simplement fendue proximale à elle.

A partir de la première incision, le tendon du TP était glissé à l'aide d'une pince de Bengolea ou d'une pince de Kelly longue en restant au contact de la face postérieure du tibia afin de ne pas léser le paquet vasculo-nerveux postérieur et était

récupéré dans l'incision antérieure. On s'assurait que le transplant était bien libre dans la fenêtre réalisée et qu'il n'était pas twisté.

En fonction de la zone de réinsertion du tendon retenue à la consultation préopératoire, une troisième incision était réalisée sur le dos du pied ou sur son bord latéral :

- Le transplant pouvait être réinséré sur le TA, auquel cas la réinsertion se faisait au niveau de la deuxième incision. Le tendon du TA était incisé longitudinalement sur 1cm après avoir positionné la cheville à 10° de dorsiflexion, permettant le passage du transfert et sa suture au TA. Un point d'arrêt inversant était réalisé au niveau de cette petite incision pour éviter toute extension de la brèche lors de la traction du transfert avant sa suture.

- Celui-ci pouvait être réinséré au niveau du dos du pied au niveau des cunéiformes, par réinsertion transosseuse ou sur le bord latéral du pied, en cas d'instabilité latérale initiale à la marche par déficit complet des fibulaires, dans le cas où ils n'assuraient plus une stabilisation latérale passive suffisante. La réinsertion sur le bord latéral du pied pouvait être faite au niveau de la capsule calcanéocuboïdienne ou, plus souvent, par une suture autour du tendon du court fibulaire. Dans tous les cas, le transfert était tendu et ré-amarré en dorsiflexion positive pour anticiper la détente tendineuse future.

Dès la fin du bloc opératoire, la cheville était systématiquement immobilisée par une botte en résine pour une durée de cinq semaines. À cette époque, l'appui n'était pas autorisé. Depuis, dans le service d'Orthopédie B, le protocole concernant la mise en charge a été modifié, avec un appui autorisé d'emblée sous réserve du port d'une botte de marche.

Au-delà de la durée d'immobilisation, un travail actif de recoordination et de renforcement était préconisé, en centre de rééducation si possible. Plus précisément, les principes généraux de la prise en charge rééducative étaient les suivants :

- Prise en charge de troubles trophiques locaux : lutte contre l'œdème et travail cicatriciel.
- Prise en charge antalgique (médicamenteuse et physiothérapie).
- Travail analytique d'évocation du mouvement de flexion dorsale, à partir de schémas de mouvements alternatifs en flexion dorsale et plantaire, en utilisant un feedback visuel.

- Travail de renforcement musculaire du transplant une fois un mouvement sélectif obtenu.
- Intégration de la flexion dorsale dans un schéma fonctionnel : lors de mouvements globaux du membre inférieur, en posture debout statique, lors de la marche.

Le transplant restait souvent protégé par une orthèse anti-équidé pendant les deux mois suivant l'intervention.

Parfois, le transfert associé du LFO pouvait être réalisé de manière concomitante avec une réinsertion de ce dernier au niveau des LEH et LEO (intervention de Carayon [44]). Cela avait pour avantage de donner un meilleur axe de travail à la dorsiflexion du pied.

## **2.3. Evaluations**

Chaque patient bénéficiait d'une évaluation clinique réalisée par le même examinateur (NN) à un minimum de 9 mois après l'intervention.

Le tableau I p. 57 résume les critères recueillis pour chacune des populations.

### **2.3.1. Données sociodémographiques et anamnèse**

Les données sociodémographiques (identité, âge et sexe) ont été recueillies ainsi que l'histoire de la maladie, à savoir la cause de la paralysie, la date du début des troubles, le délai de l'intervention après survenue des troubles, le délai d'évaluation après l'intervention (recul), le type de rééducation post-opératoire (libérale ou en centre de rééducation).

Les informations relatives à l'intervention étaient recueillies dans le dossier médical : zone de réinsertion du transfert, complications post-opératoires, gestes associés en pré/peropératoire et en post-opératoire, parmi lesquels :

- les neurotomies des rameaux pour le gastrocnémien, le soléaire, le TP, chez les patients centraux.

- Les gestes tendineux : allongement du tendon calcanéen, de l'aponévrose du gastrocnémien, du LFH, ténotomies des LFH et LFO.
- les gestes ostéo-articulaires par arthrodèse : talo-naviculaire, subtalaire ou double arthrodèse.

### **2.3.2. Evaluation des déficiences**

Les amplitudes articulaires maximales de la cheville étaient mesurées à l'aide d'un goniomètre, en décubitus dorsal, genou tendu et fléchi. Elles étaient mesurées en passif en flexion plantaire et en flexion dorsale, et en actif en flexion dorsale uniquement. On mesurait également la position de repos de la cheville par rapport à la position neutre. On déterminait alors l'arc de mobilité de dorsiflexion active. Lors de la dorsiflexion active, la contraction (visible ou palpée) du transplant et du TA était notée quand cela était possible, ainsi que l'axe du pied.

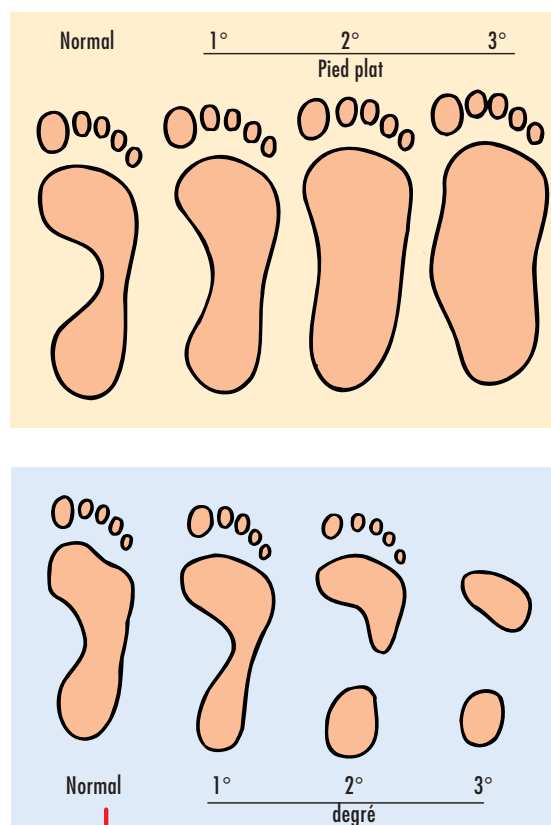
La déficience motrice de la dorsiflexion était évaluée par la cotation du MRC (annexe 1) [79] sur 5, sans annotation intermédiaires (+ ou -).

Enfin, nous réalisons une étude de la spasticité du membre inférieur opéré chez les patients « centraux ». La spasticité des fibulaires, du triceps sural, du TA et du transplant, quand cela était possible, était appréciée par l'échelle d'Ashworth modifiée (0-5) [62](annexe 2).

### **2.3.3. Evaluation clinique et fonctionnelle de la statique du pied et de la marche**

#### **2.3.3.1. Evaluation de la statique du pied**

L'existence de durillons plantaires et leur localisation étaient relevées. On étudiait en position debout, de manière bilatérale, la statique d'arrière-pied dans le plan frontal et la statique d'avant-pied dans les plans frontal et transversal. Une évaluation podoscopique était réalisée pour étudier les zones d'hyperappui ainsi que le type d'empreinte (normal, creux ou plat) et, en cas d'empreinte pathologique, son degré de sévérité.



**Figure 8** : Type d'empreintes – Gradation en 3 degrés du pied plat et du pied creux

### 2.3.3.2. *Evaluations instrumentales de la posture et de la marche*

#### **Posturographie et baropodométrie statiques sur plateforme Zebris FDM (Zebris Inc.)**

La plateforme Zebris est une plateforme de force électronique, utilisant des capteurs de force capacitifs de 0,8cm<sup>2</sup> arrangés en matrice. Les dimensions de la surface active sont de 144 x 56 cm (L x l) (Figure 9). Chacun de ces capteurs donne plusieurs fois par seconde une intensité électrique proportionnelle à la force qui lui est appliquée. Ce signal électrique est ensuite transféré à un système informatique qui fait la synthèse des mesures de l'ensemble des capteurs durant une période de temps donnée. En posturographie statique, elle permet de mesurer les variations du centre de pression sur un laps de temps défini, reflétant en partie l'équilibre du patient et illustre la répartition du poids du corps sur chacun des pieds, et entre l'avant-pied et

l'arrière-pied. L'analyse baropodométrique, statique ou dynamique, permet également de visualiser la répartition des zones de pressions plantaires et ainsi de repérer les zones d'appui pathologique.



**Figure 9 : Plateforme Zebris FDM – Salle d'analyse de marche, Hôpital Pierre Swynghedauw (CHRU de Lille)**

On plaçait le patient au centre de la plateforme, de part et d'autre de deux lignes perpendiculaires délimitant, d'une part, la gauche et la droite et d'autre part, l'avant et l'arrière. Un enregistrement de 30 secondes était réalisé, yeux ouverts, à pieds nus et sans aide technique.

Pour notre étude, seuls les paramètres suivants obtenus par la plateforme Zebris ont été recueillis : la répartition du poids du corps sur chacun des pieds et entre l'avant-pied et l'arrière-pied (exprimée en pourcentage du poids total du patient), le type d'empreinte visualisée et les zones d'appui pathologiques. Pour ce dernier critère, les hyper et/ou les hypoappuis nous permettaient de déterminer les troubles de la statique du pied dans le plan frontal, en pronation ou en supination.



### **Analyse observationnelle de la cinématique de marche et des paramètres spatio-temporels**

La salle d'analyse de la marche était équipée d'un tapis de marche GAITRITE (CIR Systems Inc.) de 5,2 mètres, disposant de 16.128 capteurs de pression, soit une longueur de mesure de 4,3 mètres, permettant une analyse des paramètres spatio-temporels de la marche (Figure 10). Par ailleurs, à l'aide de deux caméras synchronisées et disposées de manière à obtenir une vue strictement frontale et sagittale du patient au cours de la marche, nous procédions à un enregistrement vidéographique. Le patient réalisait un aller-retour sur le tapis à pieds nus à sa vitesse habituelle de marche. Au moins un aller-retour sans enregistrement était réalisé au préalable si l'état physique du patient le permettait, afin d'habituer le patient au tapis de marche et d'enregistrer une marche la plus naturelle possible.

Concernant l'analyse vidéographique de marche, nous mesurions l'angle de dorsiflexion de cheville en début, milieu et fin de phase oscillante puis calculions la différence entre les valeurs minimales et maximales afin de déterminer l'arc de mobilité de dorsiflexion active; la contraction des LEO et LEH, du TA et du transplant, s'il était visible, à la fin de la phase oscillante (moment au cours duquel la contraction des releveurs est maximale), était notée ; la présence d'un varus résiduel et le type d'attaque du pied (par le talon, à plat ou par l'avant-pied) étaient décrits. Pour les patients « centraux », s'il existait un fauchage, ou un schéma de marche en extension cela était spécifié.

Les paramètres spatio-temporels de marche n'ont été pris en compte que pour les patients « périphériques », car les patients « centraux » présentent des troubles associés à la parésie des releveurs. Le nombre de variables prises en compte était limité du fait de l'absence de comparaison possible entre les états pré- et post-opératoires. Les seules variables relevées étaient : la proportion des pas oscillant et portant pour chaque pied sur tout le cycle de la marche, ainsi que la longueur et l'angle de pas au niveau des deux pieds. La longueur du pas reflète la propulsion du pas et c'est un indicateur indirect d'une limitation éventuelle de la flexion plantaire induite par le transplant.



**Figure 10 : Tapis GAITRITE→ - Salle d'analyse de marche, Hôpital Pierre Swynghedauw (CHRU de Lille)**

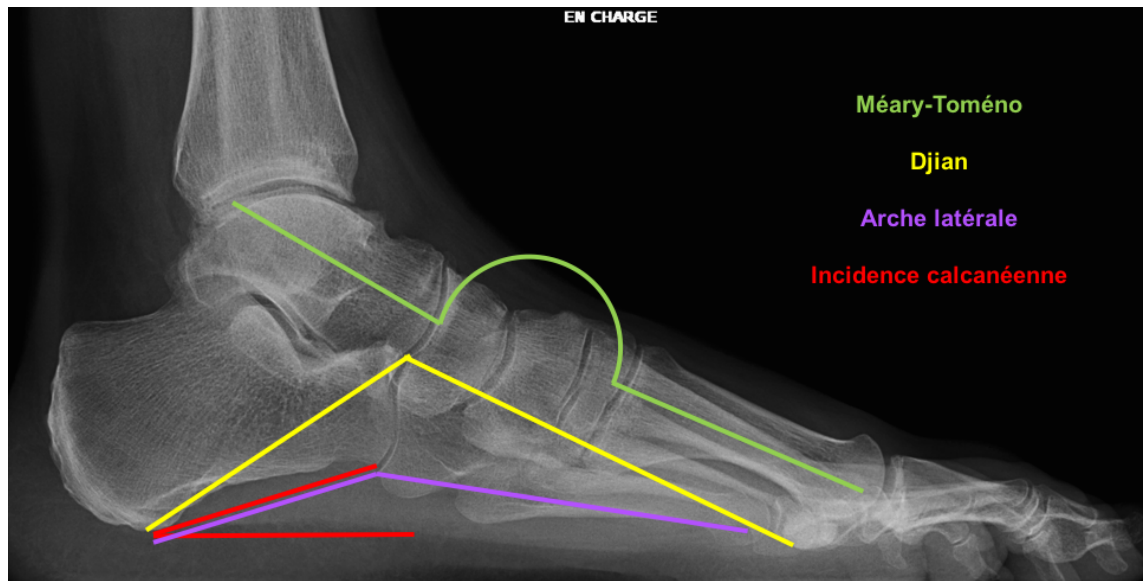
#### **2.3.4. Score de Stanmore**

Nous établissons le score de Stanmore pour les deux populations (annexe 3). Etabli en 2001 par Yeap et al.[80], il s'agit d'un score évaluant 7 catégories : la douleur, le besoin d'une orthèse, le port de chaussure de commerce, les activités de vie quotidienne, la force musculaire, l'amplitude de dorsiflexion active et la statique du pied. Chaque catégorie est notée de 5 à 25 points pour un total de 100. Les résultats peuvent être répertoriés en 4 classes : excellents au-delà de 85, bons entre 70-84, moyens entre 55-69 et mauvais en-dessous de 54. Ce score a été conçu pour évaluer de manière spécifique les résultats des transferts du TP chez les sujets présentant une paralysie des releveurs d'origine périphérique, car il évalue particulièrement la dorsiflexion dans trois catégories, contrairement à d'autres scores, comme le score de l'AOFAS, qui ne prend pas en considération ce facteur.

### 2.3.5. Radiographies

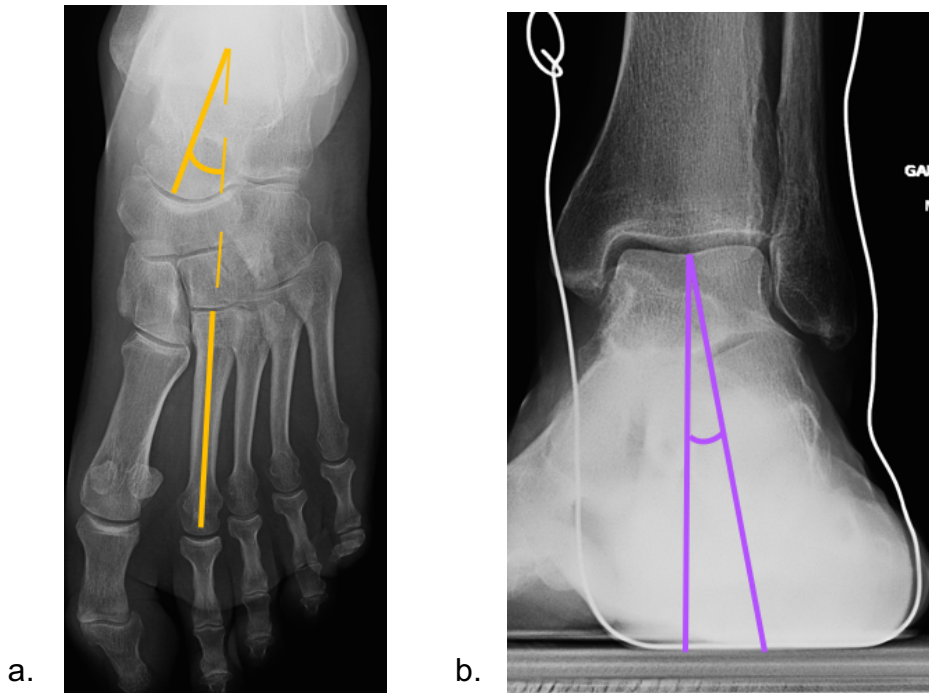
Des radiographies des deux pieds en charge étaient réalisées dans le service de Radiologie et imagerie musculo-squelettique du CHRU de Lille (Pr Anne Cotten). Les incidences réalisées comprenaient un cliché de profil, un cliché dorso-plantaire et un cliché de face avec arrière-pied cerclé selon Méary. Les différents angles mesurés étaient les suivantes :

- **sur les clichés de profil** (Figure 11) :
  - **pour la recherche d'un effondrement de l'arche médiale**
    - **l'angle de Djian** : il correspond à l'angle formé entre le point d'appui du talon, la partie déclive de l'articulation talo-naviculaire et le point d'appui sésamoïdien médial. La valeur normale est comprise entre 120-130°. Il reflète la hauteur de l'arche médiale.
    - **L'angle de Méary-Toméno** : c'est l'angle formé par l'axe du talus et celui du 1er métatarsien, permettant de localiser le sommet de la déformation en cas de pied plat ou creux, et d'en mesurer l'importance.
  - **A la recherche d'un creusement de l'arche latérale, l'angle de l'arche latérale** : il correspond à l'angle formé par le point le plus bas du calcaneus, l'extrémité inférieure de l'interligne calcanéocuboïdienne et le point déclive de la tête du 5ème métatarsien. La valeur normale est comprise entre 150-170°.
  - **A la recherche d'un pied creux postérieur, l'inclinaison calcanéenne**, angle formé entre la face plantaire du calcaneus et de l'horizontale (N<20°)



**Figure 11** : Angles mesurés sur les clichés de profil en charge

- **Sur les clichés dorso-plantaires, à la recherche d'une abduction de l'avant-pied** : l'angle talo-métatarsien : cet angle entre l'axe du talus et du 2ème métatarsien permet de quantifier l'abduction de la palette métatarsienne (Figure 12a.)
- **Sur les clichés cerclés de Méary**, à la recherche d'un valgus d'arrière-pied : ces clichés de face de la cheville sont obtenus dans l'axe du 2ème métatarsien (M2), après marquage par un cerclage métallique du talon. L'angle de Djian-Annonier est formé par la verticale abaissée à partir du centre du dôme talaire et la droite joignant le dôme talaire au centre du point d'appui talonnier (valgus physiologique de 4-8°) (Figure 12b.)



**Figure 12** : a. angle talo-métatarsien ; b. angle de Djian-Annonier

### 2.3.6. Evaluation fonctionnelle

Le patient était interrogé sur ses habitudes de marche en pré- et en postopératoires : son mode de locomotion sur les petits et les longs trajets, le périmètre de marche (PM), le type de chaussures portées, le port d'un appareillage, l'utilisation d'une aide technique.

La gêne principale ressentie en pré- et post-opératoire était précisée. Le patient était également interrogé sur la douleur ressentie, la sensation d'instabilité, de pied qui accroche à la marche, de l'existence d'un conflit au chaussage, et ce, en pré- et en postopératoire. L'existence d'une diminution de l'effet du transfert avec le temps était spécifiée.

Par ailleurs, l'indice de Barthel et la NFAC (New Functional Ambulation Classification) - ou FAC modifié, ont été utilisés pour mesurer respectivement le niveau d'autonomie globale et à la marche (annexes 4 et 5). Il s'agit de deux scores validés et reproductibles. Le score de Barthel [81] est un index qui évalue l'autonomie après un AVC. Il comporte 10 items relatant, appareil par appareil, les activités de vie

quotidienne. Chacun est côté de 0 à 10 ou 15, par paliers de 5. La somme des nombres obtenus est additionnée pour obtenir un score final sur 100. Le score 100/100 correspond à une indépendance complète. La NFAC [51] correspond à une évaluation fonctionnelle des capacités de marche en neuf classes ; elle est basée sur la nécessité d'une aide pour compenser un trouble d'équilibre lors de la marche. Elle est la version modifiée du Functional ambulation classification qui n'est qu'en six classes et qui ne détaille que peu l'utilisation des escaliers. Les classes vont de la classe 0 (marche impossible ou nécessitant l'aide de deux personnes) à la classe 8 (marche seul en surface plane et montée des escaliers normalement sans se servir d'une rampe ou d'une canne).

Le changement subjectif apporté par l'intervention était évalué par la Global Assessment Scale (GAS), cotée de -4 (détérioration marquée) à +4 (amélioration marquée), en passant par 0 (aucun changement)[82]

**Tableau I : Résumé des items recueillis au cours de l'évaluation dans les deux populations**

			"Centraux"	"Périphériques"	
<b>Données socio-démographiques et anamnèse</b>	<b>Le patient</b>	identité, âge, sexe	X	X	
	<b>La maladie</b>	Etiologie	X	X	
		Date de début des troubles	X	X	
		Délai de l'intervention	X	X	
		recul	X	X	
	<b>La rééducation</b>	type	X	X	
	<b>L'intervention</b>	zone de réinsertion du transfert	X	X	
		complications postopératoires	X	X	
		<b>gestes associés</b>	neurotomies	X	
			gestes tendineux	X	X
gestes ostéo-articulaires	X		X		
<b>Bilan des déficiences</b>	<b>Amplitudes articulaires</b>	<b>flexion dorsale active</b> genou fléchi	X		
		genou étendu	X	X	
		flexion dorsale passive	X	X	
		flexion plantaire passive	X	X	
	position de repos	X	X		
	<b>Force musculaire</b>	X	X		
	<b>Spasticité (Ashworth)</b>	X			
<b>Evaluation statique du pied</b>	<b>Clinique</b>	durillons plantaires	X	X	
		statique du pied dans les trois plans	X	X	
		Podoscopie	X	X	
	<b>Baropodométrie statique</b>	X	X		
<b>Radiographies</b>	X	X			
<b>Evaluation de la marche</b>	<b>Cinématique</b>	Dorsiflexion active phase oscillante	X	X	
		Attaque du pas	X	X	
		Fauchage	X		
		Schéma de marche en extension	X		
		Score de Stanmore	X	X	
	<b>Paramètres de marche spatiotemporels</b>	durée du pas portant/oscillant		X	
		longueur du pas		X	
		Angle de pas		X	
<b>Bilan fonctionnel</b>	<b>Habitudes de marche</b>	X	X		
	<b>Gêne principale</b>	X	X		
	<b>Barthel</b>	X	X		
	<b>NFAC</b>	X	X		
	<b>GAS</b>	X	X		

## **2.4. Analyses statistiques**

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS Statistics v20 (IBM Inc.). Les données qualitatives et quantitatives discontinues sont exprimées en effectifs et pourcentage, les données quantitatives continues en moyennes et écart-types. Les valeurs extrêmes sont précisées entre parenthèses.

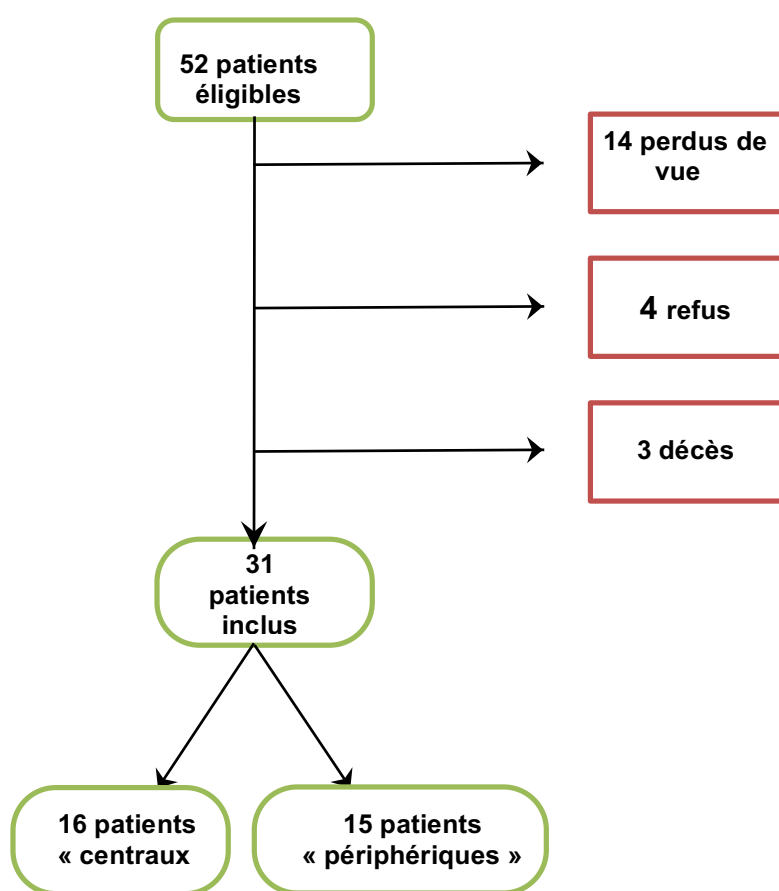
Les données pré-/post-opératoires recueillies ainsi que les angles radiologiques, la répartition du poids du corps en baropodométrie statique concernant le pied opéré et le pied non opéré ont été comparées à l'aide de tests non paramétriques pour échantillons appariés (test de Wilcoxon) pour les variables quantitatives continues, tandis que pour les variables qualitatives ou quantitatives discontinues un test de McNemar était utilisé. Les comparaisons intergroupes (pas entre « centraux » et « périphériques », mais entre modalités de traitement) ont fait appel à un test non paramétrique pour plusieurs échantillons indépendants (Kruskal Wallis). Le seuil de significativité a été fixé à 0,05.



### 3. RESULTATS

En tout, 52 patients ont été opérés d'un transfert du TP entre 1995 et 2013 pour pallier un déficit des releveurs (figure 13). Trois d'entre eux étaient décédés, quatre ont refusé de participer à l'étude, quatorze n'ont pas pu être contactés.

Au final, 31 patients ont accepté de participer à l'étude. Il y avait 16 patients (17 pieds) dans la population « centraux » et 15 patients (15 pieds) dans la population « périphériques »



**Figure 13 :** Flow-chart

### 3.1. Patients « centraux »

#### 3.1.1. Patients et traitements

##### 3.1.1.1. Patients

Le tableau II recense individuellement les caractéristiques de la population et des gestes chirurgicaux réalisés.

**Tableau II: Informations générales sur les patients et le(s) geste(s) réalisé(s)**

H : homme ; F : femme ; G : gauche ; D : droite ; TC : traumatisme crânien ; AVC : Accident vasculaire cérébral ; MCA : myélopathie cervico-arthrosique

<u>Patients</u>	<u>Age</u>	<u>Sexe</u>	<u>Côté</u>	<u>Délai de consultation (en mois)</u>	<u>Etiologie</u>	<u>Zone de réinsertion</u>	<u>Gestes associés sur TP et sur médio-pied</u>
1	57	F	D	47	Tumoral	Court fibulaire	/
2	42	H	G	43	AVC	Tibial antérieur	/
3	37	F	D	9	Traumatisme médullaire	Tibial antérieur	Arthrodèse talo-naviculaire
4	37	F	G	108	Traumatisme médullaire	?	/
5	35	H	D	77	TC	Tibial antérieur	/
6	35	F	G	12	AVC	Tibial antérieur	Neurotomie du rameau pour le tibial postérieur
7	57	H	D	54	MCA	Tibial antérieur	/
8	37	H	D	42	TC	Court fibulaire	/
9	46	H	G	84	AVC	autre	/
10	55	F	D	105	TC	Tibial antérieur	/
11	48	F	G	108	AVC	Tibial antérieur	Arthrodèse talo-naviculaire
12	41	F	G	108	TC	Tibial antérieur	Double arthrodèse
13	61	H	D	96	AVC	Court fibulaire	Neurotomie du rameau pour le tibial postérieur
14	37	H	G	96	AVC	autre	/
15	26	H	D	76	Paralysie cérébrale	Court fibulaire	/
16	30	H	D	12	Traumatisme médullaire	Court fibulaire	Neurotomie du rameau pour le tibial postérieur
17	54	F	G	96	AVC	Tibial antérieur	Arthrodèse talo-naviculaire

**L'âge moyen** des 16 patients était de  $43,2 \pm 10,5$  ans ; il y avait 9 hommes (56,25%) et 7 (43,75%) femmes. Le **geste** était bilatéral dans 1 cas et unilatéral dans 15 cas, il a ainsi été réalisé à droite dans 9 cas (52,9%) et à gauche dans 8 cas (47,1%).

Parmi les **étiologies**, on recensait 7 AVC (43,75%), 4 traumatismes crâniens (25%), 2 traumatismes médullaires (12,5%), une paralysie cérébrale (6,25%), un méningiome (6,25%) et enfin une myélopathie cervicarthrosique (6,25%).

Le **délai de prise en charge** chirurgicale après apparition de la paralysie (en dehors du patient paralysé cérébral dont la cause est périnatale) était en moyenne de  $115,88 \text{ mois} \pm 116,8$ , soit  $9,7 \text{ ans} \pm 9,6$ . Les patients étaient revus en moyenne à  $69 \text{ mois} \pm 35,9$  (9-108) de l'intervention, soit  $5,8 \text{ ans} \pm 3$  (0,75-9).

### 3.1.1.2. *Intervention chirurgicale*

#### ○ Le transfert

Le tendon du TP était réinséré 9 fois sur le TA (52,9%), et 7 fois sur le bord latéral du pied (41,2%) : 5 fois sur le court fibulaire (29,4%) et 2 fois sur la capsule calcanéocuboïdienne (11,8%). Nous n'avons pu préciser la zone de réinsertion chez une patiente (patiente n° 4), car opérée dans un autre établissement

#### ○ Les gestes associés

Tous les patients ont bénéficié de **gestes associés dans le même temps opératoire ou antérieurement** ; on comptabilisait :

- Sur le plan des **neurotomies** (réalisées antérieurement) : 13 neurotomies pour les branches destinées au gastrocnémien, 14 pour celles destinées au soléaire, et 4 pour celles destinées au TP.
- Sur le plan des **gestes tendineux** : 2 ténotomies des fléchisseurs des orteils, 3 allongements du LFH, 3 allongements de la lame du gastrocnémien, 12 allongements du tendon calcanéen.
- Sur le plan des **gestes ostéo-articulaires** : 1 double arthrodèse et 3 arthrodèses talo-naviculaires isolées.

En ce qui concerne les **gestes réalisés a posteriori**, on relève : 2 ténotomies des fléchisseurs des orteils et des arthrodèses IPP/IPD des 4 orteils latéraux chez un patient.

- Complications post-opératoires

Deux patients (11,7%) ont présenté des **complications post-opératoires** cutanées : l'un une nécrose cutanée en regard de la face antérieure de la cheville, mettant à nu le tendon du TA, l'autre une désunion cicatricielle, superficielle, n'exposant pas le tendon.

### **3.1.1.3. Rééducation post-opératoire précoce**

Celle-ci était réalisée exclusivement en centre chez 6 patients (37,5%), en ville chez un patient (5,8%), en centre puis en ville chez 9 (52,9%).

## **3.1.2. Evaluation de l'efficacité du transfert du tibial postérieur sur la dorsiflexion active de la cheville**

### **3.1.2.1. Bilan des déficiences**

#### **Amplitudes articulaires et spasticité**

La **position de repos** était en moyenne de  $-11,8 \pm 8,1^\circ$  (-30 - 0).

La **flexion plantaire passive** était en moyenne de  $-23,5 \pm 11,1^\circ$  (-70 - 0)

La **flexion dorsale passive** genou tendu et genou fléchi était respectivement de  $14 \pm 10,7^\circ$  (0-30) et de  $22,7 \pm 24,7^\circ$  (10-30).

La **flexion dorsale active** genou tendu et genou fléchi était présente chez 8 (47%) patients. Dans ce groupe de patients, elle atteignait respectivement la position de  $4,4 \pm 8,1^\circ$  (-5 - 20) genou tendu, et  $14 \pm 6,5^\circ$  (5-14) genou fléchi, soit un arc de mobilité de  $18,9 \pm 10,9^\circ$  (5-40) genou tendu, et  $28 \pm 12,5^\circ$  (15-40) genou fléchi.

Parmi les 4 patients ayant bénéficié d'une neurotomie préalable du rameau moteur pour le TP, 2 ne présentaient aucune dorsiflexion active et les 2 autres un arc de dorsiflexion respectif de 10° et 40°, soit une dorsiflexion active positive à 10° et 20°. Le transfert et le TA se contractaient visuellement chez les deux.

A noter que 3 patients (17,6%) présentaient une **spasticité** résiduelle :

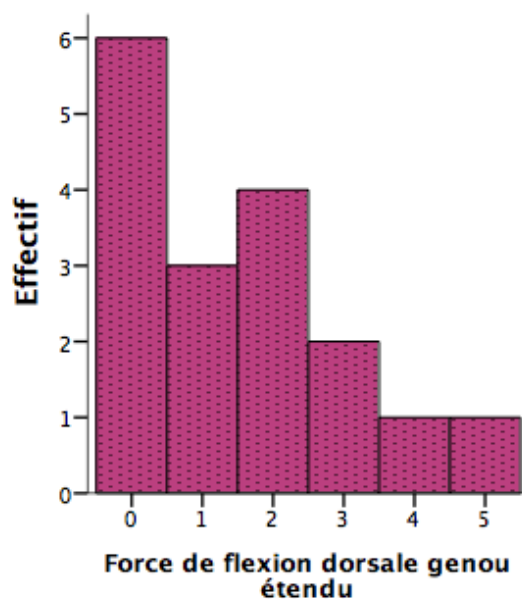
- Deux patients présentaient une spasticité à 4 sur l'échelle d'Ashworth, observée au niveau des groupes des inverseurs, des fibulaires, des fléchisseurs et des releveurs. Chez ces deux patients, il n'existait aucune dorsiflexion active possible, genou étendu comme genou fléchi.
- Un patient présentait une spasticité isolée des fibulaires à 4 sur l'échelle d'Ashworth, avec clonus. Chez ce dernier patient, le transfert avait été réinséré sur le TA.

### **Commande motrice**

En analytique, la **force musculaire de dorsiflexion** de cheville était en moyenne de 1,53 (0-5) **genou étendu** ; elle était de 2,9/5 chez ceux présentant une dorsiflexion. La majorité des patients (n=13, 76,4%) présentaient une force  $\leq 2$  (Figure 14). Parmi ces derniers, la dorsiflexion était améliorée de 1,3 point en moyenne lors que le **genou était fléchi**.

Chez les 4 patients ayant bénéficié d'une neurotomie du rameau moteur pour le TP, 2 présentaient une force nulle et les 2 autres une force respective de 4 et 5.

La **contraction du transfert et du TA** lors de la dorsiflexion a été évaluée chez 13 patients : 10 (76,9%) présentaient une contraction concomitante du TA et du transfert, 1 (7,7%) une contraction isolée du TA, 1 (7,7%) une contraction isolée du TP et 1 (7,7%) aucune contraction. Parmi ces 13 patients, 8 présentaient une dorsiflexion active (c'est-à-dire induisant un mouvement de dorsiflexion de force  $\geq 2/5$ ), résultant dans 7 cas de contractions concomitantes du TA et du TP, dans un cas d'une contraction isolée du TA. Aucune mobilité en dorsiflexion n'était visible chez les 5 autres patients.



**Figure 14: Force de flexion dorsale genou**

### **3.1.2.2. Posturographique statique et dynamique**

En statique, la **proportion d'appui** du pied opéré était de  $39,53\% \pm 14,6$  (10-59). La différence de répartition d'appui entre pied opéré et pied non opéré était significative ( $p=0,011$ ). La répartition de l'appui sur l'arrière-pied n'était pas différente entre les pieds opérés et non opérés ( $65,41\% \pm 19,6$  (14-93) vs.  $38,12\% \pm 12,2$  (18-62) ;  $p=0,277$ ).

En dynamique, la proportion d'appui moyen sur le pied opéré était de  $66,75\%$  (46-86), contre  $79,88\%$  (55-100) du côté non opéré. La différence de répartition d'appui entre pied opéré et pied non opéré était significative ( $p=0,004$ ).

### **3.1.2.3. Analyse observationnelle de la marche**

Lors de l'analyse observationnelle de marche, nous avons dans un premier temps étudié la mobilité de la cheville, puis nous avons évalué les articulations sus-jacentes et les compensations, notamment le fauchage et le schéma de marche des patients.

- **Mobilité de la cheville :**

**Dorsiflexion à la marche :** 8 patients (47%) avaient une dorsiflexion active visible en phase oscillante. La moyenne d'arc de mobilité en dorsiflexion à la marche du pied opéré était de  $5,9 \pm 2,7^\circ$  (2-10). Seul 5 patients (29%) atteignaient la position neutre et au-delà. La contraction du TA était visible chez 11 patients (64,7%), celle du transfert 6 fois (35,3%), à chaque fois de manière concomitante avec le TA. Les LEH et LEO se contractaient respectivement 9 (52,9%) et 8 fois (47,1%). La présence d'une contraction LEO et LEH n'améliorait pas la dorsiflexion (respectivement  $p=0,457$  et  $p=0,819$ ) contrairement à la contraction du transfert ( $p=0,073$ ) et du TA ( $p=0,064$ ), où l'on constatait une tendance à une meilleure dorsiflexion active visible. En tout, parmi les 8 patients présentant une dorsiflexion efficace à la marche, on trouvait 6 contractions TA + TP, et 2 contractions du TA.

Il n'y avait aucune différence significative, en matière de dorsiflexion active de cheville à la marche, entre les patients ayant bénéficié d'un transfert sur le dos du pied ou sur le TA et ceux ayant bénéficié du transfert sur le bord latéral du pied ( $p=0,949$ ).

A noter que sur les 4 patients ayant bénéficié d'une neurotomie du rameau moteur pour le TP au préalable, 2 n'avaient toujours aucune dorsiflexion active et les deux autres une dorsiflexion active visible mais moindre qu'en décubitus dorsal, avec 5 et  $10^\circ$  de mobilité. La contraction du TP était visible en même temps que le TA chez le premier, tandis que seule la contraction du TA était visible chez le second.

**Attaque du pas :** 12 patients (70,5%) attaquaient le sol par le plat du pied, 3 (17,6%) par le talon et 2 (11,7%) par l'avant-pied.

**Varus résiduel :** un seul patient présentait un varus résiduel en phase portante, aucun en phase oscillante.

- **Schéma de marche global :**

**Fauchage :** On observait un fauchage chez 7 patients (46,7%).

**Schéma de marche en extension :** 7 patients (46,7%) présentaient un schéma de marche en extension (limitation de la flexion de hanche et de genou en phase oscillante). La fréquence de dorsiflexion active à la marche chez ce groupe de patients étaient significativement moins élevée que chez les sujets ne présentant pas un

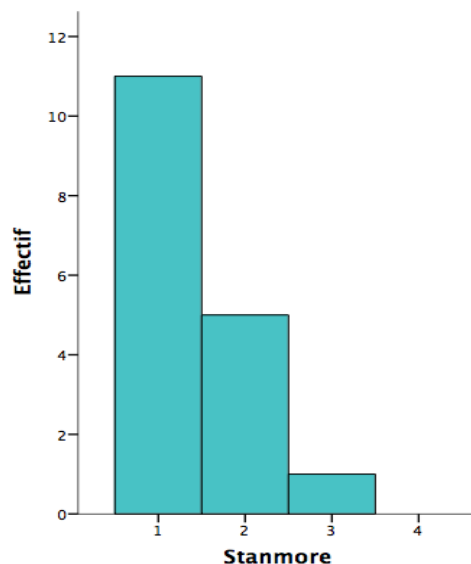
schéma de marche en extension ( $p=0,024$ ). En effet, sur ces 7 patients, seul un avait une dorsiflexion active visible à la marche de  $5^\circ$ . Sur les 10 patients ne présentant pas un schéma de marche en extension, 7 présentaient une dorsiflexion active visible en chaîne fermée.

#### 3.1.2.4. Score de Stanmore

Onze patients présentaient des résultats considérés comme faibles selon les limites de classes admis chez les sujets présentant une paralysie périphérique, 5 des résultats moyens, seuls un patients présentait un bon résultat (Figure 15, Tableau III). Les mauvais résultats étaient essentiellement liés à quatre critères, mais certains n'étaient pas seulement liés au défaut de dorsiflexion à la marche :

- la **force de dorsiflexion** (/25 points) : les 11 sujets présentaient une force de dorsiflexion  $\leq 2/5$ ,
- l'**amplitude de dorsiflexion active à la marche** (/25 points). 9 sujets présentaient une amplitude  $< 0^\circ$ , 2 avaient une amplitude de dorsiflexion à la marche comprise entre 0 et  $5^\circ$
- les **activités quotidiennes** (/10 points) : 7 patients déclaraient avoir des activités de vie quotidiennes limitées ou très limitées, et 4 des activités quotidiennes normales mais avec des loisirs limités.
- la **douleur** (/15 points) : 8 patients souffraient de douleurs du membre opéré (4 rarement, 3 parfois et 1 en permanence), mais qui n'étaient pas toujours liées à l'intervention et à la problématique de la dorsiflexion en phase oscillante





**Figure 15: Résultats du score de Stanmore**  
 1 : faible (<55 points), 2 : moyen (55-69 points), 3 : bon (70-84), 4 : très bon (85-100 points)

**Tableau III : Résultats du score de Stanmore dans la population 1**

<u>Patient</u>	<u>Douleur</u>	<u>Port d'orthèse</u>	<u>Port de chaussures de commerce</u>	<u>Fonctions quotidiennes</u>	<u>Force de dorsiflexion active</u>	<u>Dorsiflexion active</u>	<u>Posture du pied</u>	<u>Total</u>	<u>Interprétation</u>
1	5	15	5	6	10	10	5	56	moyen
2	15	15	3	0	0	5	3	41	faible
3	10	0	5	6	0	10	5	36	faible
4	10	15	5	6	0	5	5	46	faible
5	10	15	5	3	0	10	5	48	faible
6	10	15	5	3	10	20	3	66	moyen
7	5	15	5	3	0	20	5	53	faible
8	15	15	5	6	0	5	5	51	faible
9	0	15	5	3	0	5	3	31	faible
10	15	5	5	3	10	20	5	63	moyen
11	15	15	5	6	10	0	5	56	moyen
12	15	0	3	6	0	0	5	29	faible
13	5	15	5	3	0	10	5	43	faible
14	5	15	5	3	0	10	5	43	faible
15	15	15	5	6	0	10	5	56	moyen
16	10	15	5	6	25	10	5	76	bon
17	10	15	0	0	0	20	3	48	faible

### 3.1.2.5. Evaluation fonctionnelle

#### **Habitudes et autonomie de marche**

Sur les 11 patients (64,7%) porteur d'un **appareillage** (releveurs rigides) en préopératoire, 9 patients (81,8%) en ont été sevrés.

Parmi les 6 patients (35,3%) porteurs de **chaussures** orthopédiques en préopératoire, 4 (66,7%) étaient porteurs de chaussures de commerces en postopératoire.

Enfin, sur 10 patients (58,8%) nécessitant une **aide de marche**, 6 (60%) avaient recours à une canne tripode, 3 (30%) à une canne simple et 1 (10%) à une aide humaine. Trois ont pu se passer de toute aide en postopératoire. Parmi les patients ayant toujours recours à une aide en postopératoire, un seul s'est vu amélioré en passant d'une aide humaine à une canne tripode.

Sur les **petits trajets**, seuls 2 patients avaient recours préférentiellement à un fauteuil roulant en préopératoire. Un seul pouvait s'en passer en postopératoire. Une patiente qui se déplaçait en marchant en préopératoire, ne se déplaçait après l'intervention qu'exclusivement en fauteuil roulant du fait de 2 fractures du calcaneus survenues après l'intervention chirurgicale.

Sur les **longs trajets**, en préopératoire 4 patients utilisaient préférentiellement un fauteuil roulant. Aucun ne pouvait s'en passer en postopératoire. Une patiente marchante sur les longs trajets devait se déplacer en fauteuil en postopératoire ; il s'agit de la même patiente décrite ci-dessus.

Six patients (35%) ont vu leur **PM** s'améliorer, 4 passant d'un PM <50 à un PM de 50 à 200, 1 d'un PM [50-200] à un PM>200 et 1 d'un PM<50 à un PM >200. Parmi les patients au PM inchangé, 6 avait un PM>200 et 4 un PM<50.

Sur ces six critères reflétant les habitudes de marche du patient, **seule l'étude du port d'appareillage et le PM révélaient une amélioration significative entre les états pré et post-opératoires** (respectivement  $p=0,021$  et  $p= 0,031$ ).

### **Satisfaction globale et gêne fonctionnelle**

**Le score de satisfaction global GAS**, côté de -4 à 4, était en moyenne de 2,71 (0-4). Seul un patient ne se sentait pas amélioré et a côté 0. Aucun n'était aggravé.

Chaque facteur de gêne en pré-opératoire, était réévalué :

- **Pied tombant** : 5 patients (29%) déclaraient avoir encore un pied qui accrochait à la marche, notamment à l'augmentation du PM. Tous ont constaté une diminution de l'efficacité du transfert avec le temps, au bout de 4 mois en moyenne (2-7 mois). Malgré tout, ils étaient tous satisfaits, avec un GAS compris entre 2 et 3, hormis un patient qui présentait un GAS à 0.
- **Instabilité latérale** : 5 patients (29%) estimaient présenter une instabilité latérale de cheville en pré-opératoire ; seuls 2 conservaient cette instabilité en post-opératoire. Le transfert avait été réinséré chez ces deux patients au niveau du TA. Chez les 3 autres patients, 2 avaient été réinsérés sur le court fibulaire et 1 sur le TA.

Sur ces deux facteurs de gêne du patient, seul le caractère « **pied tombant** » était significativement amélioré, puisque 71% des patients ne présentaient plus d'accrochage à la marche.

### **Scores fonctionnels**

**Score de Barthel** : Il n'existait pas de différence significative entre le score de Barthel pré-opératoire (en moyenne  $90,59 \pm 19,5$  (25-100)) et le score post-opératoire (en moyenne  $91,47 \pm 19,3$  (25-100)). De même, il n'existait pas de différence significative entre le score de NFAC pré-opératoire (en moyenne  $6,12 \pm 0,5$  (5-7)) et le score post-opératoire (en moyenne  $6,12 \pm 0,8$  (4-7)). Seuls 3 patients étaient améliorés pour le passage des escaliers

### 3.1.2.6. Synthèse

Le tableau IV indique les résultats des tests de significativité de l'arc de dorsiflexion active en analytique et à la marche, en fonction du site de réinsertion, de l'étiologie (entre AVC et TC) et de la réalisation d'une neurotomie du rameau pour le TP. Aucun n'était significatif. Le tableau V fait la synthèse des principaux indices analytiques et fonctionnels d'efficacité pour chaque patient.

Sur le plan de l'efficacité du transfert, 94% des patients étaient satisfaits et se sentaient améliorés, bien que 29% des patients aient constaté une diminution de l'efficacité du transplant à la marche à 4 mois en moyenne de l'intervention. En analytique, la dorsiflexion active moyenne genou étendu était visible chez la moitié des patients et atteignait  $4,4 \pm 8,1^\circ$  (-5 - 20). A la marche, un patient sur deux avait une dorsiflexion active visible avec 29% qui atteignait la position neutre et au-delà. Soixante-dix pour cent des patients attaquaient le pas par l'ensemble de la plante, 17,6% par le talon. Plus de quatre patients sur cinq (81,8%) des patients porteurs d'une orthèse ont été sevrés.

**Tableau IV : Tests de significativité de l'arc de dorsiflexion active en analytique et à la marche, en fonction du site de réinsertion, de l'étiologie (entre AVC et TC) et de la réalisation d'une neurotomie du rameau pour le TP (GT = genou tendu)**

	<u>Site de réinsertion</u>	<u>Etiologie (AVC vs TC)</u>	<u>Neurotomie TP</u>
<u>Amplitude de dorsiflexion active en analytique (GT)</u>	NS $p=0,734$	NS $p=0,836$	NS $p=0,952$
<u>Amplitude de dorsiflexion à la marche</u>	NS $p=0,974$	NS $p=0,498$	NS $p=0,663$

Patients	Zone de réinsertion	Etiologie	Bilan de déficience		Bilan fonctionnel				analyse de marche		Stanmore
			Force de dorsiflexion	Arc de dorsiflexion en analytique	Appareillage	Périmètre de marche	Pied tombant résiduel	GAS	Arc de dorsiflexion active à la marche	Attaque du pas	
1	Court fibulaire	Tumoral	3	15	sevré	inchangé	non	3	5	plat	moyen
2	Tibial antérieur	AVC	0	0	sevré	<b>amélioré</b>	oui	3	0	plat	faible
3	Tibial antérieur	TM	2	20	sevré	<b>amélioré</b>	non	2	10	plat	faible
4	<b>inconnue</b>	TM	2	18	allégé	<b>amélioré</b>	oui	2	2	talon	faible
5	Tibial antérieur	TC	0	0	sevré	inchangé	oui	2	5	plat	faible
6	Tibial antérieur	AVC	4	10	pas d'appareillage	inchangé	non	3	5	plat	moyen
7	Tibial antérieur	MCA	2	0	sevré	<b>amélioré</b>	non	3	0	plat	faible
8	Court fibulaire	TC	0	0	pas d'appareillage	<b>amélioré</b>	oui	2	0	plat	faible
9	Capsule calcanéocuboïdienne	AVC	0	0	pas d'appareillage	inchangé	non	3	0	plat	faible
10	Tibial antérieur	TC	3	30	rigide	inchangé	non	4	5	talon	moyen
11	Tibial antérieur	AVC	1	22	sevré	<b>amélioré</b>	non	4	0	plat	moyen
12	Tibial antérieur	TC	2	5	rigide	inchangé	oui	0	0	orteils	faible
13	Court fibulaire	AVC	0	0	sevré	inchangé	non	2	0	orteils	faible
14	Capsule calcanéocuboïdienne	AVC	1	10	sevré	<b>amélioré</b>	non	4	5	plat	faible
15	Court fibulaire	Paralysie cérébrale	0	0	sevré	inchangé	non	4	0	plat	moyen
16	Court fibulaire	TM	5	40	pas d'appareillage	inchangé	non	2	10	talon	bon
17	Tibial antérieur	AVC	1	0	pas d'appareillage	inchangé	non	3	0	plat	faible

**Tableau V: Principaux facteurs évaluant l'efficacité du transfert**

TC : traumatisme crânien, AVC : Accident vasculaire cérébral, MCA : myélopathie cervicarthrosique, TM : Traumatisme médullaire

### 3.1.3. Evaluation des effets indésirables du transfert du tibial postérieur

Les résultats principaux sont résumés dans le tableau VIII p. 77.

#### 3.1.3.1. Evaluation clinique de la statique du pied

A la station debout, l'étude de la **statique du pied** opéré révélait :

- à l'avant-pied : 3 patients présentaient une pronation et un patient une abduction, non trouvée du côté opposé ; tous les autres patients présentaient une statique d'avant-pied neutre.
- à l'arrière-pied : 10 valgus d'arrière-pied et 7 statiques neutres ; parmi les pieds non opérés, on trouvait 8 valgus et 9 statiques neutres. Chez ces patients présentant un valgus au niveau du pied opéré, le valgus était observé du côté opposé dans 7 cas. Il n'y avait de différence significative entre pied opéré et pied non opéré.

A l'examen des pieds, on trouvait des **callosités plantaires** chez 6 patients : 5 présentaient des callosités au niveau du premier rayon (M1, P1 ou P2), un patient au niveau des têtes de M4 et M5 et un autre au niveau des têtes de M3/M4.

L'analyse des **empreintes au podoscope** objectivait :

- au niveau du pied opéré : 8 pieds creux (4 de 1<sup>er</sup> degré, 2 de 2<sup>ème</sup> degré et 2 de 3<sup>ème</sup> degré), 2 pieds plats (les deux de 1<sup>er</sup> degré) et 6 empreintes normales ;
- au niveau du pied non opéré : 2 pieds creux (un du 1<sup>er</sup> degré et un du 2<sup>ème</sup> degré), 2 pieds plats (les deux de 1<sup>er</sup> degré) et 12 empreintes normales.

Sur les deux patients présentant un pied plat du côté opéré, il y avait une patiente ayant bénéficié d'un transfert du TP bilatéralement ; du côté droit, elle présentait un pied plat de 1<sup>er</sup> degré, et du côté gauche un pied creux de premier degré. Le recul était de 9 mois pour le côté droit et 108 mois (9 ans) pour le côté gauche. Le transfert avait été réinséré au niveau du TA à droite tandis qu'à gauche la zone de

réinsertion était inconnue, car la patiente avait été opérée dans un autre établissement.

Le deuxième patient, présentant un pied plat du côté opéré, avait un pied plat du côté opposé également. Les deux étaient de 1<sup>er</sup> degré. Elle avait bénéficié d'un transfert sur le TA.

### **3.1.3.2. Evaluations instrumentales de la posture et de la marche**

#### **Posturographie statique sur plateforme Zebris FDM (Zebris Inc.)**

Seize patients (94,1%) présentaient une **empreinte** de type pied creux, 3 de 1<sup>er</sup> degré, 1 de 2<sup>ème</sup> degré et 12 de 3<sup>ème</sup> degré. Aucun pied plat n'était visualisé. Du côté opposé, 13 patients présentaient également un pied creux, 1 de 1<sup>er</sup> degré, 2 de 2<sup>ème</sup> degré et 10 de 3<sup>ème</sup> degré. Il n'existait pas de différence significative entre les deux côtés ( $p=0,57$ ).

On objectivait des **hyperappuis** au niveau du pied opéré chez 5 patients, 4 au niveau du talon et un seul au niveau de la base de M4. Du côté opposé, 8 hyperappuis étaient objectivés, tous au niveau du talon.

Enfin, la répartition des appuis (hypo ou hyperappuis) nous permettait d'étudier la statique du pied dans le plan frontal. Nous relevions 5 pronations et 2 supinations.

#### **Analyse observationnelle de la marche**

Lors du **pas portant**, 5 patients présentaient un valgus d'arrière-pied modéré (entre 6 à 15°) et un varus était à déplorer chez un patient.

En **phase oscillante**, seuls 3 patients présentaient un valgus d'arrière-pied ; ce valgus était également présent en phase portante. Aucun patient ne présentait de varus résiduel.

**L'angle de pas du pied** opéré était en moyenne de  $16,41^{\circ} \pm 10$  (2-32), il était de  $5,82^{\circ} \pm 14,3$  (-21- 43) au niveau du pied non opéré ( $p=0,019$ ).

### 3.1.3.3. Radiographies bilatérales des pieds en charge

Les résultats de mesures radiographiques sont résumés dans le tableau VI.

**Tableau VI: Résultats comparatifs des mesures radiographiques (clichés en charge)**

		<b>Pied opéré</b>	<b>Pied non opéré</b>	<b>p</b>
<b>Plan sagittal</b>	<b>Angle de Djian</b>	<b>119,6±9,2°</b>	<b>120,2°±8,4</b>	<b>0,697</b>
	<b>Angle de Toméno-Méary</b>	<b>4,5°±5,8</b>	<b>4,3°±23,7</b>	<b>0,937</b>
	<b>Inclinaison calcanéenne</b>	<b>23,8°±6,8</b>	<b>21,4°± 4,8</b>	<b>0,063</b>
	<b>Angle arche latéral</b>	<b>143,6°±8,6</b>	<b>146,5°±7,6</b>	<b>0,097</b>
<b>Arrière-pied</b>	<b>Valgus (n=12)</b>	<b>7,3° ±4,3</b>	<b>7° ±4,3</b>	<b>0,858</b>
	<b>Varus (n=1)</b>	<b>2°</b>	<b>5°</b>	
<b>Plan horizontal</b>	<b>Angle talo-métatarsien</b>	<b>15,81° ±11,9</b>	<b>15,33°±11,2</b>	<b>0,925</b>

#### **Etude du pied dans le plan sagittal**

L'**angle de Djian** moyen n'était pas différent entre les deux pieds et se situait dans la limite inférieure des normes (120-130).

L'**angle de Toméno-Méary** ne présentait pas de différence entre les deux pieds significative ( $p=0,937$ ), suggérant dans l'ensemble un sommet de déformation peu prononcé.

Concernant l'**inclinaison calcanéenne**, il existait une tendance à la significativité ( $p=0,063$ ), avec une inclinaison calcanéenne plus importante du côté opéré que du côté non opéré, suggérant une tendance au pied creux postérieur du côté opéré, voire mixte étant donné les valeurs aux limites inférieures de l'angle de Djian.

Enfin, du côté du pied opéré, l'**angle de l'arche latérale** semblait plus fermé par rapport au côté non opéré.



### **Etude de la statique d'arrière-pied**

Seuls treize patients ont bénéficié des clichés cerclés de Méary. Quatre patients n'avaient pu les réaliser, du fait de leur impossibilité, même avec une aide humaine, de monter sur la plateforme où ils devaient être réalisés.

Du côté opéré, il existait 12 statiques en valgus (dont 8  $\leq 8^\circ$  (61,5%)) et une statique en varus. Du côté non opéré tous étaient en valgus (dont 8  $\leq 8^\circ$  (61,5%)). Le seul pied en varus présentait un angle de **Djian et Annonier** de  $2^\circ$ . Sur les 12 pieds en valgus, cet angle était en moyenne de  $7,3^\circ \pm 4,3$  (3-11). Du côté opposé, il était en moyenne de  $7^\circ \pm 4,3$  (3-19). Il n'existait pas de différence significative entre les deux côtés. ( $p=0,858$ ),

### **Etude du pied dans le plan horizontal**

Du côté du pied opéré, l'angle talo-métatarsien était en moyenne de  $15,8^\circ$  d'abduction  $\pm 11,9$  (-6 - 39). Du côté opposé, il était en moyenne de  $15,3^\circ \pm 11,2$  (-10 - 38). Il n'existait pas de différence significative entre les deux côtés. ( $p=0,925$ ).

Nous avons réalisé un test de Kruskal-Wallis pour évaluer l'angle de Djian, l'angle de l'arche latérale, l'inclinaison calcanéenne, l'angle de Djian-Annonier sur les clichés de Méary et l'angle talo-métatarsien sur les clichés dorso-plantaires en fonction de la zone d'insertion du transfert. Les résultats n'étaient significatifs pour aucun paramètre.

### 3.1.3.4. Synthèse

Le tableau VII indique les résultats des tests de significativité de l'existence d'un pied creux en fonction du site de réinsertion, de l'étiologie (entre AVC et TC), de la réalisation d'une neurotomie du rameau pour le TP et de la réalisation de geste d'arthrodèse sur le médio-pied, ainsi que les résultats du test de Kruskal-Wallis tels que décrit ci-dessus. Aucun n'était significatif. Le tableau VIII fait la synthèse des principaux indices cliniques et radiologiques de statique du pied pour chaque patient.

**Au total**, cliniquement, on trouvait plus de pieds creux du côté opéré que du côté opposé, mais il n'y avait aucune différence significative en termes de statique d'arrière-pied. Il n'y avait pas de différence significative radiologique, excepté une tendance à la significativité entre les deux pieds de l'inclinaison calcanéenne ( $p=0,063$ ) et de l'angle de l'arche latérale ( $p=0,097$ ).

**Tableau VII: tests de significativité de l'existence d'un pied creux en fonction du site de réinsertion, de l'étiologie (entre AVC et TC), de la réalisation d'une neurotomie du rameau pour le TP et de la réalisation de geste d'arthrodèse sur le médio-pied associés aux résultats du test de Kruskal-Wallis pour le facteur « Site de réinsertion ».**

	<u>Site de réinsertion</u>	<u>Etiologie (AVC vs TC)</u>	<u>Neurotomie TP</u>	<u>Geste d'arthrodèse sur le médio-pied</u>
<u>Existence d'un pied creux</u>	NS $p=0,696$	NS $p=0,554$	NS $p=0,452$	NS $p=0,682$
<u>Djian</u>	NS $p=0,945$			
<u>Djian Annonier</u>	NS $p=0,542$			
<u>Angle d'arche latérale</u>	NS $p=0,629$			
<u>Inclinaison calcanéenne</u>	NS $p=0,629$			

Patients	Etiologie paralysie	zone de réinsertion	Podoscope		Durillons	Baropodométrie statique		Statique du pied en pronosupination à la baropodométrie	Radiographies en charge					Conclusion	
			empreinte	hyperappui		empreinte	Hyperappui		plan sagittal				Arrière-pied		plan horizontal TM
									D	TMé	IC	AL			
1	Tumoral	CF	normale	/	/	creux 1er	/	équilibré	127	5	28	148	8	11	pied creux postérieur
2	AVC	TA	creux 1er	M1, M3 M4-M5	M1, M3, M4	creux 3è	/	pronation	105	15	22	137		12	pied creux antérieur, pronatus
3	TM	TA	plat, 1er	/	/	creux 2è	talon	équilibré	132	0	21	154	13	13	pied plat, valgus
4	TM	?	creux 1er	M4/M5	M4-M5, P1 hallux	creux 3è	/	équilibré	125	3	20	150	15	22	valgus
5	TC	TA	normale	orteil	/	creux 3è	/	équilibré							pas de trouble de statique majeur clinique
6	AVC	TA	creux 3ème	/	/	creux 3è	/	pronation	107	9	28	138	10	23	pied creux mixte, valgus, pronatus
7	Autres	TA	creux 1er	/	/	creux 3è	/	pronation	120	0	19	136	5	15	pied creux antérieur (arche latérale), pronatus
8	TC	CF	normale	M4-M5	M4-M5	creux 1er	M4	supination	115	5	24	148	-6	3	pied varus, supinatus
9	AVC	autres	/	/	M1	creux 3è	/	pronation	112	14	23	131		34	pied creux antérieur, pronatus, abductus
10	TC	TA	normale	/	/	creux 3è	/	équilibré	115	4	27	141	8	16	pied creux mixte
11	AVC	TA	creux, 2ème	/	/	creux 3è	/	équilibré	118	0	12	131	8	26	pied creux antérieur (arche latérale)
12	TC	TA	plat, 1er	4ème orteils	M1, 4è orteil	creux 1er	/	équilibré	138	6	23	159	20	1	pied plat, valgus
13	AVC	CF	creux 3ème	/	/	creux 3è	/	pronation	125	5	24	142	7	39	pied creux (arche latérale), pronatus, abductus
14	AVC	autres	normale	/	/	creux 3è	talon	supination	125	1	19	148	4	24	Pied supinatus
15	Paralysie cérébrale	CF	creux 1er	/	/	normale	/	équilibré	117	2	26	156	3	-6	pas de trouble de statique majeur
16	TM	CF	normale	/	M1, P2 hallux	creux 3è	talon	équilibré	108	11	30	137	4	8	pied creux mixte
17	AVC	TA	creux, 2ème	/	/	creux 3è	talon	supination	124	-8	28	141		12	pied creux mixte (postérieur + arche latérale)

**Tableau VIII:**  
**Statique du pied opéré à travers différents examens**

**D** : Djian,  
**TMé** : Méary-Toméno,  
**IC** : inclinaison calcanéenne,  
**AL** : arche latérale,  
**TM** : angle talo-métatarsien.  
**AVC** : accident vasculaire cérébral  
**TC** : traumatisme crânien  
**TM** : traumatisme médullaire  
**TA** : tibial antérieur  
**CF** : court fibulaire

## 3.2. Population « périphériques »

### 3.2.1. Caractéristiques générales de la population « périphériques »

#### 3.2.1.1. Patients

Le tableau IX recense individuellement les caractéristiques de la population et des gestes chirurgicaux réalisés.

**Tableau IX: Informations générales sur les patients et le(s) geste(s) réalisé(s)**

H : homme, F : femme, G : gauche, D : droite, HD : hernie discale, PTH : prothèse totale de hanche, NP : neuropathie

<u>Patients</u>	<u>Age</u>	<u>Sexe</u>	<u>Côté</u>	<u>Délai de consultation (en mois)</u>	<u>Etiologie</u>	<u>Zone de réinsertion</u>
1	38	H	G	48	HD L4-L5	Tibial antérieur
2	44	F	D	39	NP post-chimiothérapie	Tibial antérieur (Toméno)
3	55	F	G	24	Fracture L5	Tibial antérieur
4	45	F	G	70	NP tomaculaire	Court fibulaire
5	29	H	G	210	Fracture de jambe	Tibial antérieur (Carayon)
6	18	F	D	219	Ischémie de jambe	Tibial antérieur
7	38	F	G	84	Entorse grave du genou	Cunéiforme intermédiaire
8	37	H	G	204	Délabrement jambe	Naviculaire
9	26	F	D	72	Entorse grave du genou	Cunéiforme intermédiaire
10	17	H	G	120	Entorse grave du genou	Tibial antérieur (Carayon)
11	26	H	D	76	Luxation du genou	Tibial antérieur (Toméno)
12	48	H	G	24	HD L4-L5	Court fibulaire
13	53	F	D	49	PTH	Tibial antérieur (Carayon)
14	57	F	G	9	HD L5-S1	Tibial antérieur (Carayon)
15	33	H	G	48	Luxation L5-S1	Tibial antérieur

**L'âge moyen** des 15 patients était de  $36,7 \pm 13,3$  ans (17-57) ; il y avait 8 femmes (53,3%) et 7 hommes (46,7%). Le **geste** était unilatéral dans tous les cas, dont 10 cas à gauche (66,7%).

Parmi les **étiologies**, on recensait :

- **5 atteintes radiculaires** (33,3%) : 3 hernies discales paralysantes (2 L4-L5, 1 L5-S1), 2 traumatismes vertébraux (une luxation L5-S1, une fracture de L5).
- **8 atteintes tronculaires** (53,3%) : 3 entorses graves et une luxation de genou, 2 fractures proximales des 2 os de la jambe, une reprise de prothèse totale de hanche (PTH), une ischémie de jambe (dissection iatrogénique de l'artère fémorale).
- **2 neuropathies** (13,3%) : une neuropathie post-chimiothérapie, une neuropathie tomaculaire.
- **Un délabrement de jambe** (6,7%) avec destruction musculaire de la loge antérieure de jambe.

Le **délai de prise en charge chirurgicale** après apparition de la paralysie était en moyenne de  $6,3 \pm 5,7$  ans (7 mois – 17 ans). Les patients ont été revus en moyenne à  $7,6 \pm 6$  ans de l'intervention (9 mois – 18,3 ans).

### 3.2.1.2. *Intervention chirurgicale*

#### ○ Le transfert

Le tendon du TP était réinséré :

- dans 10 cas sur le TA (66,7%), dont 4 interventions (26,6%) selon Carayon et 2 (13,3%) selon Toméno ;
- Dans 3 cas sur le dos du pied (20%) : 2 fois sur le cunéiforme intermédiaire (13,3%) et 1 fois sur le naviculaire (6,7%) ;
- dans 2 cas sur le court fibulaire (13,3%).

- Les gestes associés

Dix patients (66,7%) ont bénéficié de **gestes associés dans le même temps opératoire ou antérieurement**, on ne comptabilisait que des gestes tendineux : dix allongements du tendon calcanéen et une ténotomie des fléchisseurs des orteils.

Quatre patients (26,7%) ont bénéficié de **gestes a posteriori**, une ténotomie des fléchisseurs des orteils dans 2 cas, un allongement du tendon calcanéen dans un cas, une retente du transplante (en transférant le site d'insertion du TA sur le cunéiforme intermédiaire) dans un cas, et pour un dernier patient une ostéotomie de relèvement du premier métatarsien associée à un allongement du LEH, une ostéotomie de raccourcissement de la phalange proximale de l'hallux pour hallomégalie, des ostéotomies de Weil sur les 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> rayons associés à une cure de griffe d'IPP de ces mêmes rayons.

- Complications post-opératoires : aucun patient n'a présenté de complication post-opératoire précoce.

### **3.2.1.3. Rééducation post-opératoire :**

Celle-ci était réalisée sur une durée moyenne de 9,5±9,4 mois (1-24), exclusivement en centre chez 3 patients (20%), en ville chez 3 patients (20%), en centre, puis en ville chez 9 (60%).

### 3.2.2. Evaluation de l'efficacité du transfert du tibial postérieur sur la flexion dorsale active de la cheville

#### 3.2.2.1. Bilan des déficiences

##### Amplitudes articulaires

La **position de repos** était en moyenne de  $-12,3 \pm 9,8^\circ$  (-30 – 0).

La **flexion plantaire passive** était en moyenne de  $-21,9 \pm 14,7^\circ$  (-55 – 0).

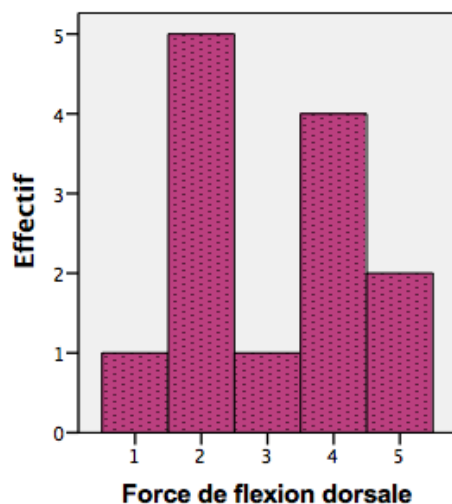
La **flexion dorsale passive** était en moyenne de  $11,1 \pm 12,6^\circ$  (-10 – 30) genou tendu et  $14,7 \pm 11,7^\circ$  (-10 – 30) genou fléchi.

La **flexion dorsale active** genou fléchi était présente chez 12 (80%) patients et atteignait la position de  $0,5 \pm 11,7^\circ$  (-10 – 30), soit un arc de mobilité de  $13,4 \pm 8^\circ$  (5 – 36). La capacité à relever activement le pied ne différait pas en fonction de la zone de réinsertion du transplant ( $p=0,448$ ). D'autre part, lorsque l'atteinte nerveuse était haute (en amont du nerf fibulaire commun), l'arc de mobilité moyen était de  $12,7 \pm 12,1$  (0 – 36) et, lorsqu'elle était basse (au niveau ou en aval du nerf fibulaire commun), l'arc de mobilité moyen était de  $9,4 \pm 6,82$  (0 – 20). La différence d'arc de mobilité en fonction de la hauteur de l'atteinte n'était pas significative ( $p=0,906$ ).

##### Commande motrice

En analytique, la **force musculaire de flexion dorsale** de cheville était en moyenne de 2,7 (0-5). Un peu moins de la moitié des patients (7, soit 46,7%) présentaient une force  $\geq 3$  (Figure 16).

Une **contraction du transfert et du TA** lors de la dorsiflexion était étudiée chez 12 patients : 9 (75%) présentaient une contraction concomitante du TA et du TP, 2 (13,3%) une contraction isolée du TP et une contraction isolée du TA (6,7%).



**Figure 16 : Force de flexion dorsale**

### 3.2.2.2. Posturographie statique et dynamique

En statique, la **proportion d'appui** du pied opéré était de  $44,8 \pm 7,9\%$  (34 – 65), La différence de répartition d'appui entre pied opéré et pied non opéré était significative ( $p=0,027$ ). La répartition de l'appui sur l'avant-pied n'était pas différente entre les pieds opéré et non opéré ( $63,4 \pm 23,2\%$  (0 – 92) vs  $62,8 \pm 11,5\%$  (42 – 83) ;  $p=0,887$ ).

En dynamique, la proportion d'appui moyen sur le pied opéré était de  $62,3 \pm 7,8\%$  (49 – 73), contre  $66,7 \pm 6,6\%$  (51 – 75), du côté non opéré. La différence de répartition d'appui entre membre opéré et non opéré n'était pas significative ( $p=0,093$ ).

### 3.2.2.3. Analyse observationnelle de la marche

#### - Mobilité de cheville et compensation

**Flexion dorsale à la marche** : Dix patients (80%) avaient une flexion dorsale active visible du pied opéré en phase oscillante. La moyenne d'arc de mobilité était de  $5,8 \pm 1,6^\circ$  (5 – 10), seuls huit patients (53,3%) atteignaient la position neutre et au-delà. Sur les 10 patients présentant une dorsiflexion active visible, la contraction du TA était visible chez 6 patients, celle du transfert était visible chez 6, dont 4 fois de manière concomitante avec le TA. Les LEH et LEO se contractaient 8 fois concomitamment.



Il n'y avait aucune différence significative de flexion dorsale à la marche entre les patients ayant bénéficié d'un transfert sur le dos du pied ou sur le TA et ceux ayant bénéficié du transfert sur le bord latéral du pied ( $p=0,448$ ).

**Attaque du pas** : huit patients (53,3%) attaquaient le sol par le talon, 7 (46,7%) par le plat du pied.

**Varus résiduel** : deux patients présentaient un varus résiduel en phase portante, dont l'un qui persistait en phase oscillante. Le TA avait été réinséré sur le naviculaire chez l'un et le cunéiforme intermédiaire, chez l'autre. Les fibulaires étaient déficitaires chez les deux avec une force mesurée à 1 et 2/5 respectivement.

**Flexion de genou** : On notait une hyperflexion de genou chez 3 patients entre 75 et 90°, dont l'un avec hyperflexion de hanche. Ce dernier ne présentait pas de dorsiflexion active, à la marche comme en analytique.

- **Paramètres spatio-temporels de marche** :

Côté opéré, la **proportion de pas portant** était proche de la normale ( $60,1\% \pm 3,4$ ) pour  $39,9\% \pm 3,3$  pour le pas oscillant ; du côté non opéré, la proportion de pas portant était de  $36,1\% \pm 2,6$  et du pas oscillant de  $63,9\% \pm 2,6$ . La différence entre les deux pieds était statistiquement significative avec un pas portant moins important ( $p=0,001$ ) et un pas oscillant plus important ( $p=0,001$ ) au niveau du pied opéré.

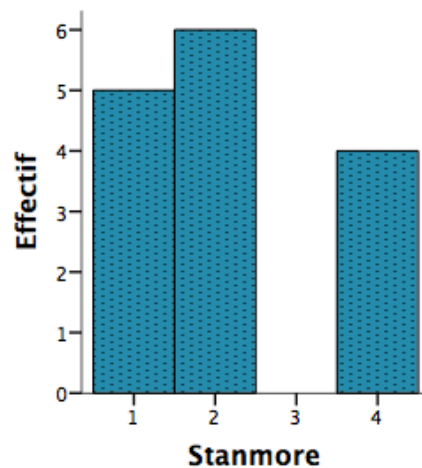
#### **3.2.2.4. Score de Stanmore**

Cinq patients (33,3%) présentaient des résultats considérés comme faibles, 6 (40%) un résultat moyen, et 4 (26,7%) patients un résultat très bon (Figure 17- Tableau X). Les 5 résultats « faibles » étaient essentiellement liés à trois critères, et n'étaient pas seulement liés au défaut de dorsiflexion à la marche :

- la **force de dorsiflexion** (/25 points) : 3 sujets présentaient une force de dorsiflexion  $\leq 2/5$ .
- l'**amplitude de flexion dorsale active à la marche** (/25 points) : on objectivait chez les 5 sujets une amplitude  $< -6^\circ$ . A noter que l'un d'entre eux (Patient 11)

présentait une rétraction majeure du tendon calcanéen avec un équin de 25°, ne permettant pas une dorsiflexion au-delà de -10°, malgré une force contre résistance estimée à 4/5.

- la **douleur** (/15 points) : 3 patients souffraient de douleurs du membre opéré (2 en permanence et 1 rarement), mais qui n'étaient pas liées à l'intervention et à la problématique de la dorsiflexion en phase oscillante, mais à des douleurs neuropathiques.



**Figure 17 : Résultats du score de Stanmore**  
1 : faible (<55 points), 2 : moyen (55-69 points), 3 : bon (70-84), 4 : très bon (85-100 points)

**Tableau X: Résultats du score de Stanmore dans la population « périphérique »**

<u>Patient</u>	<u>Douleur</u>	<u>Port d'orthèse</u>	<u>Port de chaussures de commerce</u>	<u>Fonctions quotidiennes</u>	<u>Force de dorsiflexion active</u>	<u>Amplitude de dorsiflexion active</u>	<u>Posture du pied</u>	<u>Total</u>	<u>Interprétation</u>
1	0	15	5	6	0	25	5	56	moyen
2	0	15	5	6	2	5	5	38	faible
3	15	15	6	10	0	0	5	51	faible
4	5	15	5	6	10	20	5	66	moyen
5	15	15	5	6	20	25	5	91	Très bon
6	10	15	5	6	0	5	5	46	faible
7	15	15	5	6	0	0	5	46	faible
8	5	15	3	6	20	5	5	59	moyen
9	15	15	5	6	25	25	3	94	Très bon
10	5	15	5	10	25	25	5	90	Très bon
11	0	15	5	6	20	0	5	46	faible
12	15	15	5	10	25	25	5	100	Très bon
13	15	15	5	6	0	20	5	66	moyen
14	10	15	5	6	0	20	5	61	moyen
15	5	15	5	6	0	20	5	56	moyen

### 3.2.2.5. Evaluation fonctionnelle

#### Habitudes et autonomie de marche

Sur les 11 patients (73,3%) porteurs d'un **appareillage** (releveur rigide) en préopératoire, tous ont été sevrés.

Tous les patients étaient porteurs de **chaussures du commerce** en préopératoire, dont 5 (33,3%) de chaussures montantes. En post-opératoire, tous les patients pouvaient porter tout type de chaussures du commerce.

Enfin, sur 5 patients (33,3%) nécessitant une **aide de marche** en préopératoire, 4 (80%) en ont été sevrés. Seul un patient (20%) continuait à avoir recours à une canne simple.

Sur les **petits trajets**, tous les patients étaient marchant en pré comme en post-opératoire.

Sur les **longs trajets**, en préopératoire un seul patient utilisait préférentiellement un fauteuil roulant, dont il a pu se passer en post-opératoire.

Deux patients (13,3%) ont vu leur PM s'améliorer, 1 passant d'un PM <50 à un PM de 50 à 200, 1 d'un PM [50-200] à un PM>200. Le reste des patients avait un PM>200m.

### **Satisfaction globale et gêne fonctionnelle**

**Le score de satisfaction globale GAS** était en moyenne de 2 (-3 – 4). Deux patients (13,3%) se sentaient aggravés et ont côté -3 et -2, du fait d'une déformation du pied en pronation chez l'un et de douleurs à type de crampes chez l'autre, inexplicables. Deux patients (13,3%) ne se sentaient ni améliorés ni aggravés et ont côté 0.

Chaque facteur de gêne pré-opératoire était réévalué :

- **Pied tombant** : 4 patients (26,6%) déclaraient avoir encore un pied qui accrochait à la marche et ont constaté une diminution de l'efficacité du transfert avec le temps, en moyenne au bout de 4 mois (2-7).
- **Instabilité latérale** : 10 patients (66,6%) estimaient présenter une instabilité latérale de cheville en pré-opératoire ; 6 (40%) conservaient cette instabilité en post-opératoire, survenant de manière intermittente sans gêne au quotidien. Sur ces 6 patients, le transfert avait été réinséré chez 5 patients sur le TA (dont 4 selon la technique de Carayon) et un sur le court fibulaire. Chez les 4 autres patients, 3 avaient bénéficié d'un transfert sur le TA et un sur le court fibulaire.

Sur ces 2 critères, **aucun n'était significativement modifié, en dehors du pied tombant ( $p=0,023$ )**, puisque 80% des patients ne présentaient plus d'accrochage à la marche.

### **Scores fonctionnels**

**NFAC** : Il existait une tendance à la significativité de la différence entre le score de NFAC pré-opératoire (en moyenne  $6,4 \pm 0,9$  (5 – 8)) et le score post-opératoire (en moyenne  $6,87 \pm 0,74$  (6 – 8)). Huit patients ont été améliorés pour le passage des escaliers.

#### **3.2.2.6. Synthèse**

Le tableau XI fait la synthèse des principaux indices analytiques et fonctionnels d'efficacité pour chaque patient. Le tableau XII indique les résultats des tests de significativité de l'arc de dorsiflexion active en analytique et à la marche, en fonction du site de réinsertion et de l'étiologie (entre une atteinte haute et une atteinte basse). Aucun n'était significatif.

**Au total**, sur le plan de l'efficacité du transfert, 73% des patients étaient satisfaits et se sentaient améliorés, bien que 20% aient constaté une diminution de l'efficacité du transplant à la marche. En analytique, la flexion dorsale active était visible chez 80% des patients et atteignait en moyenne la position neutre. A la marche, 80% avaient une flexion dorsale active visible, qui atteignait la position neutre et au-delà chez 53,3% des patients. Un peu plus de la moitié des patients attaquaient le sol par le talon, les autres le faisaient par la plante. La capacité à réaliser une flexion dorsale active ne différait pas en fonction de la zone de réinsertion du transplant, à la marche ( $p=0,448$ ) comme lors du mouvement sélectif ( $p=0,448$ ). Tous les patients porteurs d'une orthèse ont été sevrés.

Patients	Zone de réinsertion	Etiologie	Bilan de déficience		Analyse de marche		Bilan fonctionnel				Stanmore
			Force de FD	Arc de FD en analytique	Arc de dorsiflexion active à la marche	Attaque du pas	Appareillage	Périmètre de marche	Pied tombant résiduel	GAS	
1	Tibial antérieur	HD L4-L5	2	36	8	talon	sevré	inchangé	oui	-3	Moyen
2	Tibial antérieur (Toméno)	NP post-chimiothérapie	2	5	5	plat	Pas d'appareillage	inchangé	non	0	Faible
3	Tibial antérieur	Fracture L5	2	10	5	talon	sevré	inchangé	oui	-2	Faible
4	Court fibulaire	NP tomaculaire	3	15	5	plat	Pas d'appareillage	inchangé	non	3	Moyen
5	Tibial antérieur (Carayon)	Fracture de jambe	4	20	5	talon	sevré	inchangé	non	4	Très bon
6	Tibial antérieur	Ischémie de jambe	0	0	0	plat	sevré	<b>amélioré</b>	non	3	Faible
7	cunéiforme intermédiaire	Entorse grave du genou	1	0	0	plat	sevré	inchangé	non	4	Faible
8	Naviculaire	Délabrement jambe	4	10	5	talon	Pas d'appareillage	inchangé	non	2	Moyen
9	cunéiforme intermédiaire	Entorse grave du genou	5	15	5	talon	sevré	inchangé	non	3	Très bon
10	Tibial antérieur (Carayon)	Entorse grave du genou	4	10	5	talon	sevré	inchangé	non	2	Très bon
11	Tibial antérieur (Toméno)	Luxation du genou	4	10	5	plat	sevré	inchangé	oui	0	Faible
12	Court fibulaire	HD L4-L5	5	10	5	talon	sevré	inchangé	non	4	Très bon
13	Tibial antérieur (Carayon)	PTH	0	0	0	plat	Pas d'appareillage	inchangé	non	2	Moyen
14	Tibial antérieur (Carayon)	HD L5-S1	2	10	10	plat	sevré	<b>amélioré</b>	non	4	Moyen
15	Tibial antérieur	Luxation L5-S1	2	10	5	talon	sevré	inchangé	non	4	Moyen

**Tableau XI: Principaux facteurs évaluant l'efficacité du transfert**

FD : flexion dorsale, HD : hernie discale, NP : Neuropathie PTH : Prothèse totale de hanche

**Tableau XII: Tests de significativité de l'arc de dorsiflexion active en analytique et à la marche, en fonction du site de réinsertion, de l'étiologie (entre une atteinte haute et une atteinte basse) (GT = genou tendu)**

	<u>Site de réinsertion</u>	<u>Etiologie (atteinte haute vs basse)</u>
<u>Amplitude de dorsiflexion active en analytique (GT)</u>	NS $p=0,448$	NS
<u>Amplitude de dorsiflexion à la marche</u>	NS $p=0,448$	NS

### 3.2.3. Evaluation des effets indésirables du transfert du tibial postérieur

Les résultats principaux sont résumés dans le tableau XIII, p 94.

#### 3.2.3.1. Evaluation clinique de la statique du pied

A la station debout, l'étude de la **statique du pied** opéré révélait :

- pour l'avant-pied : un patient avec une abduction observée également du côté opposé et un patient avec une hyperpronation non objectivée à l'autre pied ; tous les autres patients présentaient une statique d'avant-pied neutre.
- pour l'arrière-pied : trois patients (20 %) présentaient un valgus d'arrière-pied, 1 varus (6,67%) et 11 (73,3%) une statique neutre ; parmi les pieds non opérés, on observait 4 valgus, 12 statiques neutres et un varus. Chez les patients présentant un valgus au niveau du pied opéré, le valgus était observé du côté opposé dans 2 cas. Il n'y avait de différence significative entre pied opéré et pied non opéré.

A l'examen des pieds, on notait des **callosités plantaires** chez 11 patients (73,3%) : 9 présentaient des callosités au niveau du premier rayon, 4 patients au

niveau des têtes de M4 et M5, un au niveau du bord latéral du pied et un au niveau du talon.

L'analyse des **empreintes au podoscope** objectivait :

- au niveau du pied opéré : 7 pieds creux (46,6%, 5 de 1<sup>er</sup> degré, un de 2<sup>ème</sup> degré et un de 3<sup>ème</sup> degré) et 8 (53,4%) empreintes normales ;
- au niveau du pied non opéré : 2 (13,3%) pieds creux (un de 2<sup>ème</sup> degré, un de 3<sup>ème</sup> degré), 2 pieds plats (un de 1<sup>er</sup> degré et un de 2<sup>ème</sup> degré) et 11 empreintes normales.

### **3.2.3.2. Evaluations instrumentales de la posture et de la marche**

#### **Baropodométrie statique sur plateforme Zebris**

Treize patients (86%) présentaient une **empreinte** de type pied creux, 3 de 1<sup>er</sup> degré, 2 de 2<sup>ème</sup> degré et 8 de 3<sup>ème</sup> degré. Aucun pied plat n'était visualisé. Du côté opposé, 12 patients présentaient également un pied creux, 4 de 1<sup>er</sup> degré, 1 de 2<sup>ème</sup> degré et 7 de 3<sup>ème</sup> degré. Aucun pied plat n'était visualisé. Il n'existait aucune différence entre les deux côtés ( $p=0,2$ ). On objectivait enfin des **hyperappuis** au niveau du pied opéré chez 6 patients au niveau du talon.

#### **Analyse observationnelle de la marche**

Lors du **pas portant**, 2 patients présentaient un varus d'arrière-pied, aucun ne présentait de valgus.

En **phase oscillante**, un patient présentait un varus résiduel.

**La longueur du pas** était de  $53,6 \pm 16,3$  (9,3 – 77,3) du côté opéré et de  $55,8 \pm 18,7$  (36,8 – 114,7) du côté non opéré ( $p=0,041$ ).

**L'angle du pas** était de  $11,2 \pm 7,7$  (-1 - 28) côté opéré et de  $8,07 \pm 7,2$  (-6 – 20) côté non opéré. La différence entre les deux côtés n'était pas significative ( $p=0,362$ ).



### 3.2.3.3. Radiographies bilatérales des pieds en charge

Les résultats de mesures radiographiques sont résumés dans le tableau XIV.

**Tableau XIV: Résultats comparatifs des mesures radiographiques (clichés en charge)**

		<u>Pied opéré</u>	<u>Pied non opéré</u>	<i>p</i>
<u>Plan sagittal</u>	<u>Angle de Djian</u>	117,2±5,6°	121,87±5,8°	0,015
	<u>Angle de Toméno-Méary</u>	2,5±6,9°	-1,13± 7,6°	0,045
	<u>Inclinaison calcanéenne</u>	23,5±4,05°	19,8±5,8°	0,009
	<u>Angle arche latérale</u>	149,7 ±6,4°	152,8±7,6°	0,068
<u>Arrière-pied</u>	<u>Valgus (n=15)</u>	6,1±3,02°	5,5± 3,7°	0,440
<u>Plan horizontal</u>	<u>Angle talo-métatarsien</u>	12,1±9,7°	17,8±8,1°	0,036

#### Etude du pied dans le plan sagittal

Du côté du pied opéré, l'**angle de Djian** était significativement moins élevé que du côté non-opéré, traduisant donc une tendance au pied creux du côté opéré.

L'**angle de Toméno-Méary** présentait une différence entre les deux pieds significatives ( $p=0,045$ ), suggérant une cassure au niveau du médio-pied plus prononcée du côté opéré.

Concernant l'**inclinaison calcanéenne**, il existait une différence significative ( $p=0,009$ ), avec une inclinaison calcanéenne plus importante du côté opéré que du côté non opéré, suggérant une tendance au pied creux postérieur du côté opéré, voire au pied creux mixte étant donné les valeurs aux limites inférieures de l'angle de Djian.

Enfin, **au niveau de l'angle de l'arche latérale**, il existait une tendance à la significativité. ( $p=0,068$ ), avec, en moyenne, un angle d'arche latérale plus fermé du côté opéré par rapport au côté non opéré.

Au total, du côté opéré, on observait sur le plan radiologique 3 pieds creux

mixtes et un pied creux antéro-médial. Parmi ces patients, deux pieds creux mixtes étaient également objectivés du côté opposé.

### **Etude de la statique d'arrière-pied**

Du côté opéré, 12 patients avaient une statique en valgus (80%) (dont 10 (66,7%)  $\leq 8^\circ$ ), et 3 en varus (20%). Il n'existait pas de différence significative entre les deux côtés ( $p=0,440$ ), au niveau de l'angle de Djian-Annonier. Deux patients présentaient un valgus d'arrière-pied  $>8^\circ$ , l'un à  $11^\circ$  (patient 5, 17,5 ans de recul) et l'autre à  $10^\circ$  (patient 11, 6,3 ans de recul). Du côté opposé, on observait un valgus pathologique à  $10^\circ$  également chez le patient 11, et à  $8^\circ$  chez le patient 5, donc à la limite supérieure du valgus physiologique. Le transplant avait été réinséré sur le TA et associée à un transfert du LFO (intervention de Carayon) chez le patient 5, et une réinsertion sur le TA avec réaxation distale de celui-ci (transfert selon Toméno) avait été réalisé chez le patient 11. Parmi les 3 patients présentant une statique en varus côté opéré, on objectivait un axe d'arrière-pied neutre chez un seul, les deux autres étaient en varus.

### **Etude du pied dans le plan transversal**

Il existait de différence significative entre les deux côtés, au niveau de l'angle talo-métatarsien ( $p=0,036$ ), avec une abduction de l'avant-pied plus prononcée du côté non opéré.

### 3.2.3.4. Synthèse

Le tableau XIII fait la synthèse des principaux indices cliniques et radiologiques de statique du pied pour chaque patient. Le tableau XV expose les résultats des tests de significativité de l'existence d'un pied creux en fonction du site de réinsertion, de l'étiologie (atteinte haute ou basse), associés aux résultats du test de Kruskal-Wallis pour le facteur « Site de réinsertion ». Aucun n'était significatif.

**Au total**, cliniquement, on objectivait plus de pieds creux du côté opéré que du côté opposé, mais il n'y avait aucune différence significative en termes de statique d'arrière-pied. Il y avait une différence significative radiologique, de l'angle de Djian, de l'incidence calcanéenne, de l'angle de Toméno-Méary, de l'angle talo métatarsien, et une tendance à la significativité entre les deux pieds de l'angle d'arche latérale. En considérant l'ensemble des critères d'évaluation de la statique du pied, on observait 4 pieds creux et 5 pieds de morphostatique sans particularité majeure. On notait également 3 varus, dont 2 associés à un supinatus-adductus, deux valgus et un pronatus.

Patients	Etiologie paralysie	zone de réinsertion	Podoscope		Durillons	Baropodométrie statique		Statique du pied en pronosupination à la baropodométrie	Radiographies en charge						Conclusion
			empreinte	Hyper appui		empreinte	Hyper appui		plan sagittal		Arrière-pied	plan horizontal			
									D	TMé			IC	AL	
1	Tibial antérieur	HD L4-L5	Creux 2è	/	P2	creux 3è	/	Equilibré	121	-10	2	148	3	12	pas de trouble de statique majeur
2	Tibial antérieur (Toméno)	NP post-chimiothérapie	creux 1er	M1	M1	creux 3è	/	Equilibré	119	4	2	150	8	33	pas de trouble de statique majeur
3	Tibial antérieur	Fracture L5	Creux 1er	M1, talon	M1	creux 3è	/	Equilibré	114	2	2	138	5	8	Pied creux mixte
4	Court fibulaire	NP tomaculaire	creux 3è	M1	M1	creux 3è	/	Equilibré	115	9	2	142	8	15	Pied creux mixte
5	Tibial antérieur (Carayon)	Fracture de jambe	normale	M4/M4	/	creux 1er	Talon	Equilibré	122	-1	1	160	11	15	valgus
6	Tibial antérieur	Ischémie de jambe	normale	/	/	creux 3è	Talon	Equilibré	122	-3	1	150	6	10	Pas de trouble de statique majeur
7	cunéiforme intermédiaire	Entorse grave du genou	normale	M1, M4, M4	M1	creux 3è	Talon	Pronation	123	1	2	152	8	20	pronatus
8	Naviculaire	Délabrement jambe	Creux 1er	M1, M4-M5	M1, M4-M5	creux 1er	M4-M5	Equilibré	102	17	2	152	-6	-4	Pied creux antéro-interne, varus adductus
9	cunéiforme intermédiaire	Entorse grave du genou	normale	Bord lat	Bord lat, M4-M5	creux 2è	/	Supination	118	-3	2	153	1	-5	ped varus supinatus, adductus
10	Tibial antérieur (Carayon)	Entorse grave du genou	normale	M4/M5	M4-M5	creux 1er	/	Supination	116	8	2	157	-7	8	Supination, varus
11	Tibial antérieur (Toméno)	Luxation du genou	normale	M4/M5	M1, M4-M5	normale	M4	Equilibré	119	9	2	149	10	6	valgus
12	Court fibulaire	HD L4-L5	normale	/	/	normale	talon	Equilibré	118	-2	2	155	-3	16	varus
13	Tibial antérieur (Carayon)	PTH	normale	/	/	creux 2è	M4-M5	Equilibré	118	-4	2	151	5	10	Pas de trouble de statique majeur
14	Tibial antérieur (Carayon)	HD L5-S1	Creux 1er	P2	M1	creux 3è	Talon	Equilibré	109	9	3	137	3	13	Pied creux mixte
15	Tibial antérieur	Luxation L5-S1	Creux 1er	M1	/	Creux 3è	Talon	Equilibré	122	1	2	151	8	25	pas de trouble de statique majeur

**Tableau XIII:**  
**Statique du pied opéré à travers différents examens**

**D** : angle de Djan,  
**TMé** : angle de Méary-Toméno,  
**IC** : inclinaison calcanéenne,  
**AL** : angle de l'arche latérale,  
**TM** : angle talo-métatarsien.

**Tableau XV :** Tests de significativité de l'existence d'un pied creux en fonction du site de réinsertion, de l'étiologie (entre AVC et TC), de la réalisation d'une neurotomie du rameau pour le TP et de la réalisation de geste d'arthrodèse sur le médiopied associés aux résultats du test de Kruskal-Wallis pour le facteur « Site de réinsertion ».

	<u>Site de réinsertion</u>	<u>Etiologie (atteinte haute vs basse)</u>
<b><u>Existence d'un pied creux</u></b>	NS <i>p=0,423</i>	NS <i>p=0,876</i>
<u>Djian</u>	NS <i>p=0,688</i>	
<u>Djian Annonier</u>	NS <i>p=0,554</i>	
<u>Angle d'arche latérale</u>	NS <i>p=0,866</i>	
<u>Inclinaison calcanéenne</u>	NS <i>p=0,917</i>	

## 4. DISCUSSION

Le transfert du muscle TP par voie interosseuse est le transfert le plus utilisé pour réanimer la flexion dorsale, et ce, depuis sa description par Mayer en 1937 [38]. Beaucoup d'auteurs se sont efforcés à étudier les résultats de ce transfert, notamment dans les atteintes nerveuses périphériques par la lèpre [35,36,39,40,70,73,83,84]. Toutefois, on ne trouve que peu d'études décrivant des résultats sur des sujets victimes d'atteintes neurologiques centrales, et sur l'ensemble des séries s'intéressant au transfert du TP, seule une évalue le transfert en situation fonctionnelle par analyse de la marche [71]. L'intérêt de notre étude porte sur une analyse exhaustive, à la fois analytique, fonctionnelle et radiographique de l'efficacité et des effets indésirables du transfert du muscle TP à long terme dans les deux populations.

Nos deux séries ont permis de mettre en évidence que plus de 70% des patients sont satisfaits des résultats de l'intervention, plus de 80% des patients sont sevrés de leur attelle. Une dorsiflexion active est visible chez la plupart des patients, y compris chez les sujets « centraux » dont la moitié présente une dorsiflexion active en analytique comme en fonctionnel. L'attaque du pas se fait dans plus de 85% des cas par le talon ou la plante. Concernant les effets indésirables sur la statique du pied, il est objectivé une tendance au pied creux du côté opéré, plus marquée chez les sujets « périphériques », ainsi qu'une tendance au pied pronatus, plus marquée chez les sujets « centraux » et non pas un effondrement de l'arche médiale avec valgus d'arrière-pied, comme on pouvait s'y attendre.

### **Technique chirurgicale**

La zone de réinsertion du transfert est variable en fonction des équipes. Dans la pratique du service, nous avons recours à la réinsertion du tendon dans son entier. S'il n'existe pas de déficit des fibulaires en pré-opératoire, il est réinséré dans un axe médian, sur le TA, en amont du rétinaculum des extenseurs, plus rarement sur le os du médio-pied (un des cunéiformes, naviculaire). Quand il existe au contraire un déficit des éverseurs, le transfert est préférentiellement réinséré sur le bord latéral du pied (court fibulaire, capsule calcanéo-cuboïdienne), pour tenter de contrôler une instabilité latérale. La plupart des séries trouvées dans la littérature utilisent la technique de

transfert bifurqué du TP de Green [45] afin d'obtenir une position finale équilibrée du pied. Dans les séries infantiles, un hémitransfert du TP [72,76,85] est souvent réalisé sur le dos du pied ou le court fibulaire, l'autre hémi-bandelette restant rattachée au naviculaire, afin d'éviter, selon les auteurs, une hypercorrection en talus ou valgus. Certains ont recours à la réinsertion du tendon en trans-osseux sur le dos du pied [66,67], d'autre à la technique de type « Bridle » [46,47,78] ; certains réaxent enfin le TA dans une position plus médiane [48,49].

## **4.1. Population « centraux »**

### **4.1.1. Efficacité**

#### **4.1.1.1. Amplitudes articulaires et commande motrice**

En analytique, 8 patients sur 16 (47%) présentent une dorsiflexion active jusqu'à en moyenne 4,4° genou tendu. La force moyenne est de 2,9/5. La contraction du TA est visible chez tous et celle du TP chez 7 d'entre eux. Dans tous les cas, le transplant n'agit donc pas seul mais en synergie avec les fléchisseurs dorsaux qui, même s'ils sont déficitaires, semblent être importants. Il est difficile de comparer ces résultats à ceux de la littérature dans la mesure où il n'existe que peu de séries étudiant les résultats du transfert du TP chez des patients adultes présentant une pathologie neurologique centrale, la plupart concernant des enfants paralysés cérébraux. Gascq et al. [66], dans une série de 20 adultes spastiques ayant bénéficié d'un transfert sur le cunéiforme latéral, présentent des résultats similaires aux nôtres en terme d'activation de la dorsiflexion. En effet, les auteurs décrivent 9 patients (45%) présentant une dorsiflexion active en analytique, mais vraisemblablement moins efficace, puisque tous contractent leur TA sans atteindre une dorsiflexion satisfaisante, tandis que sur 2 patients qui contractent leur TP un seul atteint une dorsiflexion active complète. Wagenaar [68] a décrit une population hétérogène composée de 13 sujets (1 enfant et 12 adultes, 7 paralysies d'origine centrale et 6 périphériques). Il trouve chez les sujets « centraux » une dorsiflexion moyenne atteignant 3,8° (-4 - 12) et la force de dorsiflexion est supérieure à 4 chez tous ces patients. Ceux-ci sont globalement plus jeunes que dans notre série avec une moyenne d'âge de 33,7 ans, et 4 des 7 patients spastiques avaient un âge < 24 ans, pouvant peut-être expliquer

les meilleurs résultats observés.

#### **4.1.1.2. Posturographie statique et dynamique**

En statique, la répartition d'appui entre avant-pied et arrière-pied est similaire au niveau des deux pieds. Cela signe une bonne correction de la déformation, avec un pied opéré à plat et une répartition des appuis globalement homogène entre l'avant-pied et l'arrière-pied. Ce résultat tient davantage compte des gestes associés (en particulier ceux visant la correction du varus et de l'équin en phase portante) qu'à un impact du transfert du muscle TP. D'autre part, on observe une proportion d'appui sur le pied opéré statistiquement moins importante du côté opéré que côté non opéré, comme cela est classique chez le patient hémiparétique. Cela peut s'expliquer par l'hémiparésie, mais aussi par des troubles posturaux généraux et par des troubles sensitifs proprioceptifs ou épicritiques de la sole plantaire s'intégrant dans la pathologie initiale. Cette différence de proportion d'appui entre les deux pieds est observée en dynamique. Gascq et al. [66] trouvent des résultats similaires avec, dans leur série de 20 patients, en baropodométrie statique, une surface moyenne de contact plantaire inférieure du côté opéré.

#### **4.1.1.3. Analyse observationnelle de la marche**

Des 8 patients présentant une dorsiflexion active  $\geq 2/5$  en analytique, 8 présentent un mouvement actif de dorsiflexion à la phase oscillante de marche. Un patient active son transplank et le TA efficacement à la marche, mais pas en analytique où aucune dorsiflexion n'est possible. On observe l'inverse chez un autre patient. Ceci reflète le fait que, chez le sujet « central », il existe une dissociation entre analytique et marche, avec deux modalités d'activation différentes, la première sélective, la seconde semi-automatique dans le cadre de schémas de la marche et souligne la complémentarité de l'examen fonctionnel et de l'examen analytique, d'autant plus que l'objectif de traitement se situe sur la marche. Chez les sujets activant une dorsiflexion, l'arc de mobilité de la position neutre à la dorsiflexion maximale est plus important en analytique ( $18,9^\circ$ ) qu'en fonctionnel ( $5,9^\circ$ ), là encore les deux situations ne peuvent être comparées chez le sujet central. Ceci peut également être le fait d'une méthode



de mesure goniométrique moins précise lors de l'analyse vidéographique 2D que lors de l'examen en analytique.

L'analyse de l'attaque du pas montre là encore des résultats satisfaisants avec 88,1% des patients qui attaquent le sol par la sole plantaire ou le talon. Nos résultats sont meilleurs que ceux de Gascq et al [66] qui comptabilisent 75% des patients attaquant le sol par la plante ou le talon, avec donc encore un patient sur quatre attaquant le sol par l'avant-pied.

La contraction du TA est visible 11 fois, celle du transfert 6 fois, à chaque fois de manière concomitante avec le TA. La contraction du LEH et du LEO est visible respectivement 9 et 8 fois. La distinction entre une contraction du transfert et la contraction du TA sur une analyse vidéographique ne peut être formelle qu'en cas d'insertion latérale du transfert où les deux tendons sont bien individualisables. En revanche, cette distinction est plus difficile lorsque le TP est réinséré au niveau du TA. On considérerait qu'il y avait une contraction du transfert dès lors que la zone de ténodèse se mobilisait en sous-cutané. On constate que chaque contraction du TP s'accompagne systématiquement d'une dorsiflexion effective ; cette contraction du TP s'accompagne toujours d'une contraction du TA. En tout, parmi les 8 patients présentant une dorsiflexion efficace à la marche, on compte donc 6 contractions TA + TP, et 2 contractions du TA seul. Il est possible que, dans ces deux derniers cas, la contraction du TP est présente, mais difficilement visible sur les vidéos. Parmi les 9 autres patients, ne présentant pas de dorsiflexion efficace, la contraction du TA est visible 3 fois et ce de manière concomitante avec celle du LEH et/ou LEO. Aucune tension tendineuse n'est visible chez 6 patients. Ainsi, nous pouvons affirmer que dans la majorité des cas (au moins 6 cas sur 8), la dorsiflexion active est permise grâce à la contraction du TP. L'absence de dorsiflexion active chez les 9 autres patients est probablement liée soit à l'absence ou l'insuffisance de contrôle moteur du transplant, soit à une libération insuffisante des fléchisseurs plantaires, notamment dans les cas où la contraction du TA associée à celle du LEH et/ou LEO est visible, mais non efficace.

Deux des critères nécessaires à l'indication du transfert du TP sont une parésie majeure des releveurs (et au premier chef du TA) et une cotation du muscle TP au moins égale à 4. La visualisation d'une contraction du TA en postopératoire à la marche peut être expliquée alors par plusieurs points :

- La contraction du TA se fait de manière fluctuante et ne s'est pas constatée le jour de la consultation.
- La contraction du TA était masquée en pré-opératoire par des fléchisseurs plantaires spastiques et/ou rétractés, affaiblis et/ou allongés au cours de l'intervention.
- Dans le cas où le TP est suturé au TA, le TP peut avoir un effet de traction sur le tendon du TA, le rendant ainsi visible.
- Le TP, a fortiori s'il est rattaché au TA, pourrait induire, en entraînant la dorsiflexion, une « stimulation » du muscle TA qui se réactiverait, comme cela a déjà été évoqué [72].

Dans tous les cas, il est certain que seule une étude EMG à la marche permettrait de déterminer de manière certaine les muscles se contractant en fin de phase oscillante en post-opératoire. Cette analyse est désormais disponible dans l'arsenal d'évaluation de la marche de l'hôpital Swynghedauw. De même, en pré-opératoire, la réalisation d'un EMG dynamique, serait intéressante pour contrôler l'activité du TP et du TA en phase oscillante pour repérer les contractions du TP, voire les cocontractions TP+TA, afin de sélectionner au mieux les patients candidats à un transfert du TP, pour une efficacité optimale de celui-ci et mieux définir les objectifs thérapeutiques.

Fuller et al. [86] ont étudié l'impact de l'analyse EMG de la marche sur la planification opératoire. Deux chirurgiens posaient une indication opératoire, indépendamment l'un de l'autre, après avoir interrogé et examiné 36 patients adultes spastiques. Par la suite, une analyse de marche avec EMG dynamique était réalisée. Enfin, les deux chirurgiens reformulaient une indication opératoire au vue de ces examens. Il était observé 64% de changement d'indication thérapeutique, principalement concernant la prise en charge du TP, et ce indépendamment de l'expérience du chirurgien.

Une étude EMG dynamique avait été réalisée dans une population de 12 enfants souffrant de paralysie cérébrale et présentant un varus-équin spastique [87]. Le varus était provoqué par le TP chez 9 patients, par le TA chez 1 patient et par les deux chez 2 d'entre eux. Les auteurs déterminaient, en fonction du principal muscle responsable de la déformation, l'intervention la plus appropriée pour réduire la déformation. Ainsi, si le TP était responsable du varus, les auteurs proposaient un

allongement ou un transfert bifurqué du TP selon Green [45]. Si le TP ne s'activait que pendant la phase oscillante, ils réalisaient un hémitransfert de celui-ci, comme décrit par Saji [72]. En cas de TA actif en permanence, un hémitransfert du TA sur le cuboïde était réalisé. Enfin, s'il y avait une cocontraction permanente du TP et du TA, à l'hémitransfert du TA était ajouté un allongement du TP à sa jonction myotendineuse.

Enfin, 7 patients présentent un schéma de marche en extension. La fréquence de dorsiflexion active à la marche est significativement moins élevée chez ces sujets avec, sur les 7 patients, un seul qui présente une dorsiflexion active de 5° à la marche, avec activation du transfert. Sur les 10 autres patients présentant un schéma de marche en flexion, il existe une dorsiflexion à la marche chez 7 sujets dont 5 avec activation visible du TP. Cela reflète l'importance du schéma de marche du patient central et de la préservation des synergies en flexion, bien que les modalités d'intégration du transplant soient encore inconnues...

#### **4.1.1.4. Score de Stanmore**

Le score de Stanmore a été établi par Yeap et al. [88] pour évaluer les résultats des transferts du TP chez les sujets présentant une paralysie des releveurs d'origine périphérique. Nous l'avons utilisé également pour les sujets centraux, car il a l'avantage d'être spécifique à cette intervention, contrairement aux scores plus classiques, tel que l'AOFAS, qui n'évalue pas la dorsiflexion active de cheville. Dans notre série, un seul patient présente un résultat qualifié de « bon » selon les seuils décrits du test, 5 patients un résultat « moyen » et enfin, 11 patients un résultat jugé comme « faible ». Ces 11 derniers résultats sont liés à trois facteurs principaux : les activités quotidiennes, la force de dorsiflexion et l'amplitude de dorsiflexion. Les résultats du score de Stanmore dans une population « centrale » sont biaisés, notamment par les items « douleur » et « les activités de vie quotidienne », qui peuvent afficher un mauvais score, en rapport non pas avec l'intervention, mais avec la pathologie initiale. Dans la série de Wagenaar [68], seule série ayant utilisé le score de Stanmore chez des sujets adultes « centraux », les résultats sont meilleurs ; sur une série de 7 patients spastiques, ils trouvent 4 très bons résultats, 2 bons et 1 moyen. Comme mentionné plus haut, cette différence peut être liée à l'âge moyen plus jeune de leur population. En effet, 5 d'entre eux présentaient une atteinte par AVC,

dont on sait que les conséquences fonctionnelles à un jeune âge sont moindres qu'à un âge plus tardif [89–91].

#### **4.1.1.5. Habitude et autonomie de marche**

Sur le plan fonctionnel, seuls le PM et le port d'appareillage révèlent une amélioration significative entre les états pré et post-opératoires. Concernant le PM, 6 patients ont connu une amélioration, d'au moins une classe à la NFAC. Concernant le port d'appareillage, 81,8% des patients porteurs d'un releveur en pré-opératoire ont été sevrés, ce qui représente un indice fort d'efficacité, même si cela est également lié à l'amélioration des rétractions ou de l'hypertonie des muscles de la loge postérieure. Ces résultats sont similaires à ceux mis en évidence dans la littérature par Wagenaar qui a décrit 91% de sevrage [68] et Williams [67] qui a, pour sa part, étudié une série d'enfants atteints de paralysie cérébrale ayant bénéficié d'un transfert du TP entier sur le dos du pied et notait 82% de sevrage. Ils sont toutefois meilleurs que ceux de Gascq [66], qui ne trouvait que 61% de sevrage.

La satisfaction globale des patients est globalement positive (en moyenne à 2,7), bien qu'elle reflète également en partie le bénéfice lié aux gestes chirurgicaux associés.

#### **4.1.2. Effets indésirables**

L'un des effets indésirables le plus controversé du transfert antérieur du muscle TP reste l'effondrement de l'arche médiale du pied, avec déformation en PPV. Chez le sujet non neurologique, la survenue de ce trouble morphostatique est bien connue après dysfonction, voire rupture du TP, principal inverseur et stabilisateur de l'arche médiale et qui ne s'oppose alors plus à l'effet éverseur des fibulaires. La ténotomie du TP selon Duncan [92] chez les enfants atteints de paralysie cérébrale a souvent conduit à des effondrements de l'articulation talo-naviculaire, comme l'ont décrit [45], puis Root [93]. Banks et Panagakos [94], proposaient l'allongement du TP en cas de spasticité de celui-ci. Plus récemment, certains auteurs [57,58] le suggèrent notamment lorsqu'il n'existe pas d'activité du TP en phase oscillante à l'EMG. Toutefois, le risque de récurrence par ce procédé n'est pas nul [93,95]. Certains

considèrent même que l'allongement du tendon de plus de 1cm, du fait de sa faible course, peut entraîner une insuffisance de soutien de l'arche médiale [75].

L'hypercorrection (PPV ou calcaneus) après transfert antérieur du TP à travers la membrane interosseuse est surtout décrite chez l'enfant, incitant beaucoup d'opérateurs à ne transférer qu'une hémibandelette du TP sur le dos du pied ou sur le court fibulaire dans cette population [72,76,77]. Schneider a décrit les résultats d'un transfert entier du TP sur le dos du pied chez 29 enfants spastiques et constatait 62% de mauvais résultats du fait de la déformation en valgus ou en calcaneus, nécessitant une nouvelle intervention. Sur 53 pieds spastiques pédiatriques, Williams déplore un pied calcaneus ayant nécessité un allongement du transfert et un PPV pour lequel il a réalisé une nouvelle réinsertion du transplant. Certains vont même jusqu'à considérer, en reprenant quelques articles de la littérature, que le transfert en entier du TP donne de bons résultats à moins de 3 ans de recul, mais de mauvais résultats à long terme (5-6 ans) [72]. Il faut tout de même noter que la physiopathologie des déformations du pied chez l'enfant paralysé cérébral est différente de celle du patient qui acquiert une pathologie neurologique à l'âge adulte ; ainsi, la déformation en valgus constitue l'évolution naturelle de nombreux cas de paralysie cérébrale, et l'hypertonie des fibulaires y est beaucoup plus présente. Ainsi, les déformations constatées peuvent ne pas être seulement liées à l'intervention de transfert.

Dans notre série, les études podoscopiques, baropodométriques et radiographiques, ne révèlent pas de tendance à l'effondrement de l'arche médiale, de valgus d'arrière-pied ou d'hypercorrection.

Il existe 4 pieds valgus associés à 2 pieds plats. Les deux premiers pieds valgus concernent en fait une même patiente, qui a été opérée bilatéralement et qui présente à droite un pied de statique normale dans le plan sagittal (transfert réinséré sur le TA) et à gauche un pied plat (site de réinsertion inconnu, opérée dans une autre institution). Au vu des courriers pré-opératoires que nous avons pu récupérer, il semblerait que ce valgus bilatéral et l'effondrement de l'arche médiale préexistent à l'intervention. Les deux autres pieds valgus ne sont pas observés du côté opposé. Ils concernent respectivement la patiente n°12 ayant bénéficié d'une double arthrodèse antérieurement au transfert et le patient n°6 présentant une spasticité des fibulaires à 4 sur l'échelle d'Ashworth, avec clonus clinique manifeste. On observe chez la patiente n°12 un pied plat bilatéral de même degré, et chez le patient n°6 un pied creux, très certainement en rapport avec la spasticité des fibulaires. Ainsi, ces morphotypes

observés ne peuvent être imputés au transfert du TP seul.

Globalement, on note au contraire une tendance au pied creux, avec une incidence au podoscope plus élevée côté opéré (8 pieds creux, contre 2 du côté non opéré), et ce, quel que soit le site de réinsertion, la réalisation d'une arthrodèse du médio-pied ou d'une neurotomie pour le rameau musculaire du TP. Cette différence notable n'est pas significative à la baropodométrie, où l'incidence des pieds creux est beaucoup plus élevée des deux côtés (16 pieds creux côté opéré contre 13 côté non opéré). Sur le plan radiographique, les différences de mesures d'angle entre les deux pieds (aussi bien dans le plan sagittal que dans le plan transversal), ne sont pas significatives :

- Au niveau de l'arrière-pied, l'angle moyen de Djian-Annonier, était strictement comparable des deux côtés et il n'existait pas de différence significative en fonction de la zone de réinsertion du transplant.
- Dans les plans sagittal et transversal, il existait une tendance à la significativité au niveau de l'inclinaison calcanéenne, plus importante du côté opéré et au niveau des angles de l'arche latérale et de Djian, plus fermés du côté opéré. A moins d'avoir en notre possession les mesures d'angles pré-opératoires, on ne peut affirmer que ces différences soient une conséquence de l'intervention. Elles peuvent être expliquées par plusieurs facteurs :
  - o La spasticité, voire la rétraction des muscles intrinsèques entraîne un pied creux postérieur avec augmentation de l'inclinaison postérieure. Cette inclinaison postérieure peut également être causée par une relative insuffisance du triceps sural, causée par une neurotomie, un allongement excessif du tendon calcanéen. Toutefois, sur les 5 pieds creux postérieurs ou mixtes de notre série, 4 ont bénéficié d'une neurotomie des rameaux pour le soléaire et le gastrocnémien et/ou d'un allongement du tendon calcanéen ; en revanche, sur les 12 autres patients ne présentant pas de pied creux postérieur, 11 ont également bénéficié de neurotomie S/GM et/ou d'un allongement du tendon calcanéen. Il est donc difficile de conclure que ces gestes auraient pu être à l'origine d'un pied creux postérieur, qui est probablement plus le fait d'une rétraction des intrinsèques.

- La traction exercée par le TP transposé antérieurement contribue à élever l'arche médiale, en particulier si celui-ci continue à être spastique et provoquerait plutôt des pieds creux antérieurs.
- La fermeture de l'arche latérale peut être expliquée par une spasticité, voire rétraction des muscles intrinsèques latéraux et en particulier l'abducteur du 5e orteil. Cela peut également être le fait d'une spasticité du court fibulaire, comme cela a pu être observé chez le patient n°6.

Nos résultats rejoignent ceux de Gascq [66]. En effet, dans sa série de 20 patients spastiques adultes, il trouve sur le plan radiologique un angle de Djian moyen à 117,2° (104-129) du côté opéré et à 118,6° (105-133) du côté non opéré, sans différence significative entre les deux, associé à un angle de Tomeno-Méary à 187,6 (175-200) du côté opéré et 184,7 (175-197) du côté non opéré avec une différence significative. De plus, il décrit un angle de Djian-Annonier moyen de 7,5° (-5-18) du côté opéré et de 6,5° (0-18) du côté non opéré, sans différence significative. A la baropodométrie statique, en revanche, il observe une prépondérance significative d'empreinte de type pied creux au niveau du pied opéré. Outre l'absence de progression vers un PPV en post-opératoire, les auteurs constatent une divergence entre les résultats non significatifs radiologiques (en particulier des angles de Djian) et les résultats significatifs baropodométriques. Nous observons également cette différence de significativité, car si les deux pieds sont globalement comparables d'un point de vue des empreintes baropodométriques, il existe une tendance à la significativité pour les angles de Djian, l'arche latérale et d'inclinaison calcanéenne. D'autres auteurs ont déjà souligné cette faible corrélation entre mesures radiographiques et baropodométrie, mais il n'en reste pas moins qu'il s'agit d'examen complémentaires, nécessaires à la description de la statique du pied. Nous trouvons également une absence de corrélation sur le plan du type d'empreinte entre résultats podoscopiques, significatifs, et les résultats baropodométriques. La podoscopie est un examen probablement plus sensible pour l'étude des empreintes que la baropodométrie (bien que cela n'ait jamais été vraiment évalué), qui reste cependant un examen de choix dans l'étude de la répartition des appuis et de la statique du pied dans le plan frontal (pronation/supination).

On note 5 pieds pronatus (29,4%) parmi les pieds opérés, non observés du côté opposé. Sur ces 5 pieds pronatus, le site de réinsertion est situé 3 fois au niveau du TA et 2 fois au niveau du bord latéral du pied. L'un d'entre eux s'accompagne d'un abductus (le transfert a été réinséré au niveau du court fibulaire). Seul un patient se plaint de cette déformation en pronation, à la marche et au chaussage (patient n°6). Ces déformations dans le plan horizontal et frontal peuvent s'expliquer par un déséquilibre tendineux induit par le transfert, au profit des tendons éverseurs latéraux, mais peuvent aussi préexister à l'intervention et être le fait d'une déformation induite par la spasticité du membre. A notre connaissance, la statique de l'avant-pied dans les plans horizontal et frontal n'a jamais été décrite dans les différentes séries étudiant les conséquences du transfert antérieur du TP, or il s'agit d'une donnée importante à prendre en considération, car pouvant avoir des répercussions fonctionnelles.

Un plus grand angle de pas est classiquement observé du côté hémiparalysé. Dans notre série, il existe un angle de pas moyen de 16,4° du côté opéré contre 5,8° du côté opposé, cette différence étant significative. Cela est également observé par Gascq et al. [66] qui objectivent un angle moyen du côté opéré de 22,3°. Dans notre étude, 7 patients présentent un angle de pas excessivement ouvert, à savoir > 20°. On constatait chez tous, sur les vidéos de face, une rotation externe proximale du membre inférieur. Gascq et al. suggèrent également une part de rotation externe dans le pied, du fait du transfert du TP, principal inverseur, mais nos résultats ne vont pas en ce sens. En effet, sur les 5 patients présentant une pronation du pied, seuls deux s'accompagnent d'un angle de pas > 20°, alors que les 5 autres patients avec angle de pas excessif présentent une statique de pied équilibrée dans le plan horizontal.

Enfin, il persiste 2 pieds supinatus (11,7%) dont un s'accompagnant d'un varus d'arrière-pied (5,8%). L'incidence des pieds varus résiduels dans la littérature est variable, comprise entre 5,4% et 30,4% [66–68,72,76,77,96,97]. Cette déformation peut être expliquée par une part résiduelle d'hyperactivité du TA ou de rétraction du triceps sural.



## 4.2. Population « périphériques »

### 4.2.1. Efficacité

#### 4.2.1.1. Amplitudes articulaires et commande motrice

En analytique, 80% des patients présentent une dorsiflexion active jusqu'à en moyenne  $0,5^\circ$  au dessus de la position neutre genou tendu (9 patients (60%) atteignent la position neutre et au-delà). La force moyenne est de 2,7/5. La contraction des TP et TA a été relevée chez 12 patients. Il existe une cocontraction TP + TA chez 9 patients et une contraction isolée du TP chez 2 patients et 1 contraction isolée du TA chez un patient. Il n'y a pas de significativité en fonction de l'étiologie (atteinte proximale (radiculaire ou tronculaire haute) et distale) ou du site de réinsertion. Les résultats dans la littérature sont variables. Nos résultats rejoignent ceux de Yeap et al. [88], qui ont mis en évidence sur une population de 12 patients victimes d'un traumatisme tronculaire que 58% des patients atteignaient la position neutre et au delà, avec une position moyenne à  $-0,8^\circ$ . Dans les autres séries de patients atteints de paralysies d'origine périphérique, la proportion de patients atteignant la position neutre et au-delà varie de 50 à 94,7% des cas [49,68,70,71,73,78,98–100] et la position maximale moyenne varie de 0 à  $10^\circ$  [68,70,73,78,98,100].

Dans notre série, 3 patients ne présentent aucune dorsiflexion active, en analytique comme à la marche. Deux d'entre eux ont été victimes d'une lésion nerveuse proximale (l'une radiculaire par compression herniaire, et l'autre dans les suites d'une reprise d'arthroplastie de hanche) et la troisième a souffert d'un syndrome des loges sur ischémie de jambe. En pré-opératoire, la loge postérieure a été probablement affectée par les lésions nerveuses et musculaires chez ces 3 patients avec un TP partiellement déficitaire, entravant possiblement sa bonne efficacité comme transfert actif pour la réanimation de la dorsiflexion.

Enfin, nous avons observé un patient présentant un équien de  $25^\circ$ , ne permettant pas une dorsiflexion au delà de  $10^\circ$ . Aucun geste d'allongement des fléchisseurs plantaires n'a été réalisé. Il s'agit là d'une méprise dans la planification pré-opératoire. Le patient ne peut en effet obtenir une dorsiflexion ample, malgré une force satisfaisante, du fait de la rétraction du triceps sural et appuie quasi exclusivement sur le talon antérieur.

#### **4.2.1.2. Posturographie statique et dynamique**

En statique, la répartition d'appui entre avant-pied et arrière-pied est similaire au niveau des deux pieds. Là encore, cela signe une bonne correction de la déformation d'éventuelles rétractions du plan postérieur, avec un pied opéré positionné à plat et une répartition des appuis globalement homogène entre l'avant-pied et l'arrière-pied. D'autre part, on observe une proportion d'appui sur le pied opéré statistiquement moins importante côté opéré que côté non opéré. Cela pourrait être expliqué par la présence de troubles sensitifs notamment épicritiques de la sole plantaire (existant dans 53,3% des cas), pouvant être présents notamment en cas de lésion radiculaire ou tronculaire proximale. En revanche, cette différence de proportion d'appui entre les deux pieds n'est pas observée en dynamique. Nous ne pouvons comparer nos résultats aux données de la littérature, car aucune série n'a recueilli ces paramètres parmi les patients étudiés.

#### **4.2.1.3. Analyse observationnelle de la marche**

Sur les 12 patients présentant une dorsiflexion active en analytique, on en observe 10 avec activation de la dorsiflexion à la marche. Il s'agit des 10 patients dont l'arc de mobilité de la dorsiflexion en chaîne ouverte était la plus importante (10-36°). D'une manière générale, l'arc de mobilité de la position neutre à la dorsiflexion maximale était plus important en analytique (13,4°) qu'en fonctionnel (5,8°), probablement du fait d'une méthode de mesure goniométrique moins fine lors de l'analyse vidéographique 2D que lors de l'examen en analytique, parce que la dorsiflexion à la marche ne nécessite pas d'atteindre l'amplitude maximale, et par impact de la gravité sur le pied, notamment chez ceux présentant une force de dorsiflexion à 2/5. Dans la littérature, on ne trouve qu'une analyse de marche sur les sujets opérés avec mesures goniométriques, celle de Dreher et al. [71], dans une analyse quantifiée de la marche (AQM) d'une série de 14 patients présentant une maladie de CMT. L'AQM a l'avantage de permettre des mesures d'angle nettement plus précises si sa réalisation technique est optimale. Les auteurs distinguent ainsi deux angles de dorsiflexion, l'angle pied-tibia et l'angle tibio-talaire. L'intérêt de choisir en plus ce dernier angle est de mesurer la mobilité réelle de la cheville, indépendamment du médio-pied et de l'avant-pied, souvent déformé en équin

antérieur chez les patients CMT du fait d'un important pied creux. Ils objectivent une augmentation significative de l'angle tibio-talaire pendant la phase oscillante entre les états pré et post-opératoires passant de  $0\pm 5,5^\circ$  à  $6,3\pm 2,1^\circ$  et une augmentation significative de l'angle pied-tibia passant de  $-15,9\pm 11,7^\circ$  à  $-1,8\pm 4,9^\circ$  ; les valeurs post-opératoires sont ainsi comparables aux sujets de notre série.

Tous nos patients attaquent le sol soit à plat (46,7%), soit par le talon (53,3%).

En ce qui concerne les compensations nécessaires lors de la marche, il est intéressant de noter que seuls trois patients conservent une flexion de genou excessive entre  $70-85^\circ$ . Bien que nous n'ayons pas d'évaluation pré-opératoire, cela est un argument d'efficacité du transfert.

Si on s'intéresse aux « moteurs » de la dorsiflexion à la marche, une cocontraction TA+TP est visible dans 4 cas, une contraction isolée du TA dans 2 cas et du TP dans 2 cas également. La contraction du TA et le TP n'est pas visible dans 2 cas. Onze patients contractent le LEH et/ou le LEO, témoignant d'une atteinte partielle de la loge antéro-latérale en pré-opératoire. Parmi les cas où la dorsiflexion n'est pas visible, on observe tout de même une contraction isolée du TA et du TP dans 2 cas. Ces patients ont une force de dorsiflexion en analytique de 2, donc ne permettant pas de lutter contre la gravité. Il n'y a pas de différence d'amplitude de dorsiflexion en fonction de l'étiologie (atteinte proximale (radiculaire ou tronculaire haute) et distale) ou du site de réinsertion. Là encore, seule une étude EMG à la marche permettrait de déterminer de manière certaine les muscles se contractant en phase oscillante en post-opératoire et permettrait d'apporter une analyse plus fine du rôle du transplant dans la dorsiflexion en phase oscillante.

Pinzur et al. [101], dans une série de 9 patients ayant une atteinte traumatique du NFC (nerf fibulaire commun), décrivent, sur un EMG dynamique de marche, une activation du TP associée à une flexion dorsale au moment de la phase oscillante chez 77,8% des patients. Ceci est également décrit par De Marchi et al. [102]. Ces derniers, dans une série de 10 patients présentant une atteinte isolée du NFC, ont réalisé une AQM en pré et en postopératoire à deux temps différents, associée à un EMG dynamique, avec un recul moyen de 5,1 ans. Ils constatent une amélioration significative de la dorsiflexion (sans en préciser les chiffres). Le TP a une activité biphasique et se contracte en fin de phase oscillante et en fin de phase portante au

moment de la propulsion avec les LFO et LFH. Cette activité biphasique du TP est semblable à son schéma d'activité habituel [11,12], mais les auteurs notaient une accentuation de l'activité du TP avant l'attaque du pas, lors de la 2<sup>ème</sup> consultation post-opératoire. Cette amplification de l'activité en fin de phase oscillante peut faire penser à un début d'intégration du transfert comme fléchisseur dorsal. Toutefois, ils n'objectivent toujours pas de pic d'activité lors du passage du pas lors de la première moitié de la phase oscillante, suggérant que le TP garde globalement son schéma d'activité premier. Un examen réalisé plus tardivement encore serait peut être nécessaire pour voir si le TP continue de se contracter en fin de phase portante avec les fléchisseurs plantaires ou s'il se contracte lors du passage du pas, suggérant, dans la négative, que la plasticité associée à la transplantation ne permettrait pas de « transformer » ce fléchisseur plantaire en fléchisseur dorsal optimal.

Ces mêmes auteurs observent également, outre cette activité biphasique, une activité continue du TP. Cela évoquerait un effet de ténodèse du transfert au moins partiel. Pour aller également dans ce sens, ils mettent en évidence une limitation de la flexion plantaire en analytique (en passif à 30°, en actif à 24°), sans déficit des fléchisseurs plantaires puisque les patients de la série ne présentent qu'une atteinte des muscles de la loge antéro-latérale par atteinte élective du NFC. Dans la littérature, la perte d'amplitude de flexion plantaire active entre les états pré et post-opératoire varie de 9° à 16° [49,70,71,102].

Un effet ténodèse sans contraction active pourrait être lié à trois éléments principaux :

- 1) une mauvaise indication opératoire initiale, avec un TP de force insuffisante. On considère que le transfert perd en général 1 point de force après l'intervention [49,71]. Il est donc nécessaire de prélever un TP de force au moins égale à 4 pour espérer qu'il entraîne une dorsiflexion efficace une fois transféré. Au delà de cela, il faut s'interroger sur les différences de recrutement du muscle dans cette modalité sélective analytique et à la marche.
- 2) une tension trop forte appliquée au transplant lors de sa réinsertion, diminuant sa course et donc son efficacité [1,9,70,71,103].

- 3) une anomalie dans l'intégration cérébrale du transplant. Celui-ci, pour une efficacité optimale, doit être intégré par le cortex moteur comme fléchisseur dorsal, selon des modalités et des conditions que nous ignorons, et qui n'ont jamais été étudiées. Ce que nous savons, c'est que l'un des éléments majeurs pouvant influencer sur l'intégration du transplant est la rééducation post-opératoire, qui devrait être faite de manière systématisée par des équipes spécialisées, mais qui manque de standardisation. Il s'agit d'une étape clé dans la prise en charge thérapeutique du patient, nécessaire à l'intégration de la flexion dorsale, de manière automatique, dans le schéma fonctionnel. Srinivasan et al. [40] rapportent ainsi le manque de compliance et de coopération du patient au moment de la rééducation comme une des causes d'échec du transfert dans leur population.

Dans notre étude, cet effet ténodèse peut être remarqué par l'étude d'un des paramètres spatiotemporels de marche, la longueur de pas. Celle-ci est plus réduite du côté opéré, avec une différence significative entre les deux pieds. Ceci peut être le témoin d'une diminution de la propulsion. Or, plus de 80% des patients avaient une force de la loge postérieure  $\geq 4$ . Par conséquent, cette moindre force de propulsion ne peut pas s'expliquer un déficit de flexion plantaire concentrique active. Cela peut être le fait d'une limitation d'amplitude de la flexion plantaire par le transfert soit passivement, soit activement, soit par une conjonction de ces deux éléments. Le transfert, de par la tension exercée lors de sa réinsertion, peut limiter la flexion plantaire à la marche passivement. D'autre part, en cas d'activité du transplant en même temps que les fléchisseurs plantaires, comme avant son transfert, il peut résulter une activation de la dorsiflexion en fin de la phase portante, limitant la propulsion.

Concernant les deux autres paramètres spatiotemporels relevés dans cette population :

- L'angle de pas n'est pas statistiquement différent d'un côté par rapport à l'autre.
- La proportion pas portant / pas oscillant au niveau de chaque pied : il existe une différence significative entre pas portant du côté opéré et du côté

opposé. Toutefois, cette différence est infime (3%) et ne peut être considérée comme cliniquement significative.

#### **4.2.1.4. Score de Stanmore**

Dans la population « périphériques », on objective 5 patients (33,3%) avec de « faibles » résultats, 6 patients (40%) avec des résultats « moyens », 4 patients (26,7%) avec des résultats côtés comme « bons ». Les mauvais résultats sont liés à trois facteurs principaux : la douleur, la force de dorsiflexion et l'amplitude de dorsiflexion. Selon cette même classification, Yeap et al., auteurs de la classification de Stanmore, observent dans une série de 18 patients, 22,2% de très bons résultats, 38,8% de bons résultats, 11,1% de résultats moyens, et 27,7% de faibles résultats. Vigasio et al., trouvent de meilleurs résultats avec sur une série de 16 patients, 50% de très bon résultats, 31,5% de bons résultats, 12,25% de résultats moyens et 6,25% de faibles résultats.

Toutefois, tous les patients se sentent améliorés par l'intervention avec un GAS score moyen à 2, en dehors de 2 patients se sentant aggravés du fait d'une pronation du pied pour l'un et des douleurs à type de crampe musculaire pour l'autre.

#### **4.2.1.5. Habitudes et autonomie de marche**

Sur le plan fonctionnel, on note une amélioration de tous les critères. Concernant le PM, tous les patients peuvent marcher plus de 200m, en dehors d'un patient, qui est passé d'un PM < 50m à un PM compris entre 50 et 200m. Seul un patient nécessitait une aide technique avant l'intervention, qu'il a dû conserver ensuite. De manière notable, tous les patients (11/15) porteurs d'un releveur en pré-opératoire en ont été sevrés. Dans la littérature, le taux de sevrage varie de 83% à 100% [49,68,78,88,101,104].

Dans notre étude, 4 (26,6%) patients ont manifesté une diminution de l'efficacité du transfert en moyenne à 4 mois (2-7) après l'intervention, avec steppage apparaissant plus rapidement à la marche prolongée et avec la fatigue. L'un d'entre eux a dû bénéficier d'une remise en tension du transplant. En dehors de la rupture, dont aucun ne présente de signe clinique, ce phénomène peut être expliqué par une

détente progressive du transplante voire une récurrence de l'équin, favorisée par un déséquilibre des loges, en rapport avec des fléchisseurs plantaires plus toniques et une loge antéro-latérale qui reste partiellement déficiente. L'un des 4 patients de notre série signalant une diminution de l'efficacité garde un arc de mobilité satisfaisant de 36° avec une position atteinte de 6°. Les trois autres patients ont bénéficié d'un allongement du tendon d'Achille. L'un d'entre eux a présenté une récurrence de l'équin en phase oscillante malgré un transplante actif. Aucune dorsiflexion active n'est visible chez les deux autres ; il s'agit de 2 patientes ayant une atteinte radiculaire, avec peut-être un TP en pré-opératoire de moins bonne qualité que chez les patients ayant une atteinte tronculaire, plus distale. Le transfert aurait alors eu l'effet d'une simple ténodèse, détendue progressivement, sous l'effet de la gravité et de la tonicité de la loge postérieure. Steinau et al., après un transfert réalisé selon la technique du « bridle », ont eu à déplorer 7 cas (13,2%) ayant eu besoin d'une remise en tension du transplante, dont 2 à deux reprises [78]. Les taux de chirurgie secondaire pour retendre le transfert dans la littérature varient de 8 à 16,6% [78,88,100,105].

#### 4.2.2. Effets indésirables

Chez le sujet victime d'un déficit des releveurs d'origine périphérique, la survenue de troubles morphostatiques à type d'effondrement de l'arche médiale et de valgisation de l'arrière-pied après transfert du muscle TP est également décrite mais de manière très anecdotique, la plupart du temps, dans le cadre de case reports. Parmi les plus grandes séries de patients « périphériques », aucune ne décrit de trouble statique en PPV en post-opératoire [40,41,46,47,68,78,88,100,106–109]. Seuls Vigasio et al. [49] ont décrit un cas sur une série de 16 patients ayant bénéficié d'un transfert avec réaxation du TA sur le cunéiforme latéral, sur lequel était réinséré le TP, associé à un transfert du LFO. Une patiente de 48 ans a présenté un effondrement de l'arche médiale à la baropodométrie, sans cause précisée. Les fibulaires étaient déficitaires, la force de dorsiflexion était à 3/5.

Dans notre série, les études podoscopiques, baropodométriques et radiographiques ont révélé au contraire une tendance au pied creux, indépendamment de l'étiologie et du site de réinsertion, y compris lorsqu'on étudie chaque critère radiologique (Djian, angle de l'arche latérale, inclinaison postérieure et angle de Méary-Toméno). Il existe une incidence au podoscope plus élevée du côté opéré (7

pieds creux, contre 2 du côté non opéré), et ce quel que soit le site de réinsertion. Cette différence notable à la podoscopie ne l'est pas à la baropodométrie, où l'incidence des pieds creux est quasi-équivalente des deux côtés (13 pieds creux côté opéré contre 12 côté non opéré), mais là encore avec une surestimation des pieds creux, connue avec le Zebris. En revanche, on observe, dans le plan frontal, une pronation de l'avant-pied (Patient n°7) et 2 fois une supination-adduction (patients 9 et 10), non objectivée du côté opposé.

Au vue de l'ensemble des résultats, on note ainsi de manière isolée du côté opéré (non retrouvé du côté opposé) :

- **Dans le plan sagittal : un pied creux antéro-médial associé à un varus adductus** (patient 8), **un pied creux mixte** (patient 3) ; le transplant a été réinséré respectivement au niveau du TA et du naviculaire. Le patient 8 est le seul patient ne présentant pas de trouble neurologique, mais un traumatisme de jambe avec délabrement et destruction musculaire de la loge antéro-latérale. Le patient 3 a été victime d'une compression herniaire radiculaire. Ainsi, dans le plan sagittal, aucun effondrement de l'arche médiale n'a été déploré, rejoignant ainsi les données des séries de la littérature. Mizel avance comme théorie, le déficit des fibulaires, évitant l'éversion et la décompensation en PPV [109]. Toutefois, dans notre série deux tiers des patients ont une force d'éversion  $\geq 2$ , contredisant cette hypothèse. Nos résultats sont similaires à ceux de Yeap et al, qui ne trouvent aucun pied plat sur une série de 12 patients et malgré le fait que deux tiers des patients ont une force d'éversion  $\geq 2$  [69]. Ces pieds creux existaient probablement en pré-opératoire et pourraient être le fait d'une rétraction du système suro-achilléo-plantaire du fait du déséquilibre entre fléchisseurs plantaires et fléchisseurs dorsaux.
- **Dans le plan frontal :**
  - o **deux pieds supinatus** (patients 9 et 10), avec des transplants respectivement réinsérés au niveau du cunéiforme intermédiaire et du TA associé à un transfert du LFO (transfert de type Carayon). Les deux ont été victimes d'une atteinte du NFC dans le cadre d'une entorse grave du genou. Les fibulaires sont partiellement déficitaires,



avec respectivement une force de 2 et 3, pouvant potentiellement expliquer ce supinatus résiduel.

- **un pronatus** (patient 7), avec un transfert sur le cunéiforme intermédiaire, dans le cadre d'un traumatisme du NFC sur entorse grave du genou. La force d'éversion chez ce patient est de 1/5. Il a en fait bénéficié d'une ostéotomie de relèvement des têtes métatarsiennes sur tous les rayons latéraux après son transfert. Ainsi on a un aspect baropodométrique de pronatus avec hyperappui au niveau de tête de M1 et hypoappui au niveau des têtes des métatarsiens latéraux, notamment les derniers, mais qui serait donc plus en rapport avec les ostéotomies métatarsiennes, qu'avec le transfert.
- **un valgus d'arrière-pied** (patient 5), avec un transfert de type Carayon, dans le cadre d'un traumatisme de jambe. Ce valgus est présent chez un patient chez qui l'on note une tendance au valgus d'arrière-pied du côté opposé. Il ne présente aucun effondrement de l'arche médiale. Il a bénéficié dans le même temps opératoire que son transfert d'une ostéotomie tibiale de valgisation par addition médiale. Son valgus d'arrière-pied était-il déjà présent en pré-opératoire et compensatoire d'un genu varum sus-jacent ? En tout cas, il est strictement asymptotique et aucun élément ne nous permet d'affirmer que la différence de valgus entre les deux pieds s'est accentuée avec l'intervention.

### 4.3. Comparaison « périphériques » - « centraux »

#### 4.3.1. Efficacité

En analytique, la dorsiflexion active est plus visible chez les « périphériques » (80% des patients) que chez les « centraux » (47% des patients), avec toutefois un meilleur arc de mobilité chez ces derniers (18,9° vs 13,4°). Le sujet central présente des troubles du contrôle et de la sélectivité motrice, d'où la moindre proportion des patients chez lesquels la dorsiflexion est possible. Des contractions du TA sont visibles dans les deux populations, suggérant chez les « périphériques », une atteinte partielle pré-

opératoire de la loge antéro-latérale, et chez les « centraux », un TA qui s'active, plus ou moins en association avec le transfert, lors du mouvement de triple flexion, renforçant la force de dorsiflexion en analytique. Ce dernier point explique les moins bons résultats fonctionnels sur la marche chez les patients ayant un schéma de marche en extension.

A la marche, parmi les sujets chez lesquels une dorsiflexion est visible, l'arc de mobilité dans les deux populations sont équivalent. Dans la population « périphérique », les sujets chez lesquels l'on mesurait une force =2 en analytique avaient un arc de mobilité moins important voire absent, d'où l'intérêt de prévoir une force de dorsiflexion postopératoire d'au moins 3 pour permettre une dorsiflexion à la marche la plus ample possible. Il convient donc de choisir un transfert de force au moins égal à 4, dans la mesure où, comme nous l'avons déjà vu, celui-ci perd un point de force lors du transfert. Ainsi, nos sujets qui présentent une force de 2 soit ont été inclus avec une force à 3, soit ont perdu plus d'un point après le transfert. Chez le sujet central, le problème est tout autre, et les prédictions post-opératoires sont moins aisées. En effet, le testing moteur pré-opératoire n'est pas seulement le résultat de l'activation sélective du muscle, mais peut être le résultat d'une activation globale et d'une hypertonie spastique. Par ailleurs, si un contrôle est possible en analytique, à la marche, la dorsiflexion s'intégrerait plus dans un schéma automatique. Ceci rend difficile l'appréciation de l'implication du transfert dans cette dorsiflexion, bien que nous observions chez les patients une dorsiflexion plus efficace chez ceux ayant une contraction visible du transfert. Cette appréciation est d'autant plus difficile que nous ne pouvions comparer ces résultats à des données pré-opératoires.

Au final, quel est le comportement du transplant après le transfert : garde-t-il son pattern pré-opératoire ou celui-ci se modifie-t-il ? Y a-t-il une intégration corticale ? Une étude EMG dynamique pré et post-opératoire pourrait définir plus précisément le rôle du transfert dans cette dorsiflexion.

A noter que quelques patients dans les 2 populations souffrent d'une instabilité latérale de la cheville, pré-existante à l'intervention du fait d'une faiblesse des fibulaires qui n'assurent plus leur fonction de stabilisateurs latéraux. Le TP a été transféré chez certains d'entre eux au niveau du tibia antérieur. La réinsertion sur le bord latéral (CF ou calcanéo-cuboïdienne) doit être préférée autant que possible chez ces patients.

Sur le plan fonctionnel, les résultats sont globalement satisfaisants dans les deux populations, avec un taux de sevrage d'appareillage élevé et un score de satisfaction

global des patients positif. Ce score est néanmoins supérieur chez les sujets « centraux », qui n'ont mis aucune note négative, contrairement aux sujets « périphériques ». Les attentes dans cette population pourraient probablement être plus élevées, du fait d'un handicap moins lourd, et donc, paradoxalement moins bien accepté.

#### **4.3.2. Effets indésirables**

##### **Effet ténodèse du transpland**

Chez les sujets périphériques, nous avons remarqué une tendance à une plus courte longueur de pas du côté opéré, possiblement en rapport avec une propulsion plus faible. Cela peut être lié à une limitation de la flexion plantaire, à la fois passive mais aussi active, de par sa contraction en fin de phase portante, en même temps que celle des fléchisseurs d'orteils. Quand c'est le cas, cela a un effet négatif sur la force de propulsion et donc sur la cadence et la vitesse de marche. Chez le sujet central, cet effet ténodèse, qui s'intègre dans des problématiques plus complexes, de contrôle et de sélectivité moteurs notamment, du fait de l'atteinte sévère et de la vitesse de marche moins importante, présente souvent moins de propulsion. La diminution de celle-ci par l'effet ténodèse du transpland est donc moins gênante. De plus, elle garde un effet bénéfique de lutte contre la chute du pied.

##### **Trouble de statique du pied**

Contrairement à ce que à quoi on pouvait s'attendre, aucun patient n'a montré d'effondrement de l'arche médiale imputable au transfert du TP. Cela rejoint globalement les résultats sur le long terme de toutes les séries de la littérature, étudiant aussi bien les sujets périphériques que centraux. La thèse selon laquelle la présence du TP est une condition sine qua none au bon soutien de voûte plantaire est donc remise en question. Plusieurs auteurs ont montré qu'une atteinte ou dysfonction du TP n'était pas forcément le primum movens du PPV acquis, mais que celui semblerait plus être le fait d'une lésion ligamentaire sous-jacente, en particulier du spring ligament. Ainsi Deland et al., sur une étude cadavérique, n'observaient pas d'effondrement de l'arche médiale observationnel et radiologique lors de la ténotomie du TP avec mise

en charge du pied par un système de compression axiale [110]. Williams et al., lors d'une étude IRM chez des sujets présentant un pied plat asymptomatique, ont trouvé une association élevée entre lésion du spring ligament à l'IRM et morphotype de pied plat à la radiographie en charge. En revanche, il n'y avait pas d'association entre déformation en pied plat et lésion du TP, sauf dans les cas où le tendon présentait des lésions sévères de grade II ou III [67]. Un pied qui aurait tendance à s'aplanir du fait d'une anomalie ligamentaire, se déformerait en pronation, ce qui aurait pour effet d'augmenter les contraintes sur le TP, qui finirait par présenter des zones de souffrance, en particulier au niveau de son segment hypovascularisé [1]. Les lésions ou dysfonction du TP sont-elles alors la cause ou la conséquence du PPV ? Yeap [111] soulève la question de la « prédisposition » au pied plat, tout comme d'autres auteurs [35,111–113]. Dans sa série, il étudie 17 transferts antérieurs du TP et n'observe aucune empreinte de pied plat, y compris chez 8 patients avec une force d'éversion  $\geq 4$ . Aucun de ces patients n'a de pied plat préexistant à l'intervention. Doit-on alors proposer un transfert du TP aux sujets qui auraient des tendances au pied plat en pré-opératoire, par anomalie ligamentaire par exemple ? Chez le sujet périphérique, le TP une fois transféré, ne permet-t-il pas, au contraire, un renforcement voire une suppléance de l'élément de suspension de l'arche médiale, que représente le TA ? Chez le sujet central, la spasticité voire la rétraction des intrinsèques du pied ne permettent-elles pas de prévenir cet effondrement de l'arche médiale ? Quel est le comportement du transplant après le transfert (garde-t-il son pattern pré-opératoire ou celui-ci se modifie-t-il ? Y a-t-il une intégration corticale ?) Autant de questions qui nécessiteraient la réalisation d'études prospectives avec comparaison de l'évolution de la statique du pied en fonction de la statique pré-opératoire.

#### **4.4. Limites**

L'une des principales limites de notre étude est son caractère rétrospectif. En effet, cela induit un biais d'évaluation, notamment pour l'interprétation des résultats d'évaluation de la dorsiflexion et de la statique du pied. Pour ce dernier critère, nous avons choisi de comparer le pied opéré au pied non opéré, mais, d'une manière générale, la statique n'est pas forcément symétrique des deux côtés, et il aurait été plus parlant d'évaluer l'évolution de la statique du pied opéré en comparant l'état pré-opératoire à l'état postopératoire. Pour l'évaluation de l'efficacité du transfert sur la

dorsiflexion, lors de notre évaluation rétrospective, nous partions du principe qu'il existait en pré-opératoire un déficit des muscles antéro-latéraux. Or, nous avons été surpris de visualiser une contraction du TA, du LEH, et du LEO, en post-opératoire, notamment chez le sujet périphérique. Ceci évoque donc une activité au moins partielle des muscles de la loge en pré-opératoire, dont il aurait été intéressant de mesurer l'intensité avant l'intervention.

Une des autres limites est l'analyse de marche 2D. Bien qu'intéressante pour étudier la cinématique, car plus fiable qu'un simple examen clinique visuel de la marche, l'analyse goniométrique 2D reste néanmoins moins précise qu'une analyse de marche 3D. En effet, l'analyse vidéographique 2D induit forcément une distorsion dans l'espace, rendant difficiles et moins fines les mesures d'angles, notamment au niveau de la cheville, en cas par exemple de rotation latérale du membre (ce qui est souvent le cas chez les sujets hémiplegiques).

D'autre part, il était parfois difficile d'évaluer l'implication des différents muscles de la loge antéro-latérale dans le mouvement de dorsiflexion de la cheville par la simple évaluation visuelle. La corpulence ou l'œdème présentés par certains patients rendaient délicate la visualisation de la mise en tension du tendon, d'autant plus lorsque le TP était réinséré sur le TA. Une étude EMG dynamique aurait été pour cela plus adéquate et précise. Réalisée en pré-opératoire, elle pourrait, en outre, représenter une aide à la planification opératoire puisqu'elle permettrait d'étudier les activités du TP et du TA en fin de phase oscillante, mais aussi au passage du pas, de repérer les cocontractions TP+TA, notamment chez le sujet central, afin de sélectionner au mieux les patients candidats à un transfert du TP pour une efficacité optimale de celui-ci.

Enfin, il existait une hétérogénéité au sein de nos deux populations due à la multiplicité des pathologies neurologiques, des sites de réinsertion, des gestes associés, particulièrement chez le sujet central. Cela rendait difficile l'interprétation des résultats de nos différents critères de jugement, et l'évaluation de l'implication de l'étiologie et du site de réinsertion dans l'efficacité du transfert ou son retentissement sur la statique du pied.

Malgré ces limites, ce travail reste l'un des rares à évaluer de manière multidimensionnelle l'efficacité du transfert du muscle TP (en analytique et à la marche, de façon clinique et instrumentale) et à offrir une analyse poussée de la statique du pied.

## 5. CONCLUSION

Notre étude révèle des résultats fonctionnels satisfaisants dans les deux populations avec un taux élevé de sevrage d'attelle anti-équien et une amélioration des conditions de marche. La dorsiflexion en phase oscillante était plus fréquente chez les sujets périphériques, mais la satisfaction globale restait positive dans les deux populations.

Nous n'avons pas eu à déplorer de déformation en PPV imputable à l'intervention, en particulier lorsque le transfert était réinséré sur le bord latéral du pied. Il n'y avait pas de prépondérance du varus lors qu'il l'était sur le TA, ou médialement, sur le dos du pied.

Les résultats de notre étude doivent cependant être précisés par une étude prospective avec comparaison radiographique et podoscopique pré et post-opératoire pour étude de l'évolution de la statique du pied, en fonction du morphotype pré-opératoire. D'autre part, une étude EMG à la marche serait nécessaire, afin de déterminer, entre autres, si le transplant garde son pattern pré-opératoire ou s'il se modifie, ce qui serait une preuve indirecte de son intégration corticale en tant de fléchisseur dorsal.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Semple R, Murley GS, Woodburn J, Turner DE. Tibialis posterior in health and disease: a review of structure and function with specific reference to electromyographic studies. *J Foot Ankle Res.* 2009;2:24.
2. Bloome DM, Marymont JV, Varner KE. Variations on the insertion of the posterior tibialis tendon: a cadaveric study. *Foot Ankle Int.* 2003 Oct;24(10):780–3.
3. Martin BF. Observations on the muscles and tendons of the medial aspect of the sole of the foot. *J Anat.* 1964 Jul;98:437–53.
4. Pastore D, Dirim B, Wangwinyuvirat M, Belentani CL, Haghighi P, Trudell DJ, et al. Complex distal insertions of the tibialis posterior tendon: detailed anatomic and MR imaging investigation in cadavers. *Skeletal Radiol.* 2008 Sep;37(9):849–55.
5. Baroncini M, Baiz H, Wavreille G, Demondion X, Maurage CA, Buisset N, et al. Anatomical bases of tibial neurectomy for treatment of spastic foot. *Surg Radiol Anat SRA.* 2008 Aug;30(6):503–8.
6. Perry J. *Gait analysis - normal and pathological function.* USA: Slack Inc.; 1992.
7. Maynou C, Naudi S, Staquet V, Parent S, Boniface O. Pied plat valgus statique de l'adulte (y compris synostoses congénitales). In: *Appareil locomoteur.* Elsevier-Masson;
8. Toullec E. Pathologies du tendon tibial postérieur. *Encycl Méd-Chir.* 2014 avril;Podologie.
9. Silver RL, de la Garza J, Rang M. The myth of muscle balance. A study of relative strengths and excursions of normal muscles about the foot and ankle. *J Bone Joint Surg Br.* 1985 May;67(3):432–7.
10. Keenan MA, Peabody TD, Gronley JK, Perry J. Valgus deformities of the feet and characteristics of gait in patients who have rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 1991 Feb;73(2):237–47.

11. Ringleb SI, Kavros SJ, Kotajarvi BR, Hansen DK, Kitaoka HB, Kaufman KR. Changes in gait associated with acute stage II posterior tibial tendon dysfunction. *Gait Posture*. 2007 Apr;25(4):555–64.
12. Murley GS, Buldt AK, Trump PJ, Wickham JB. Tibialis posterior EMG activity during barefoot walking in people with neutral foot posture. *J Electromyogr Kinesiol Off J Int Soc Electrophysiol Kinesiol*. 2009 Apr;19(2):e69–77.
13. Sutherland DH. An electromyographic study of the plantar flexors of the ankle in normal walking on the level. *J Bone Joint Surg Am*. 1966 Jan;48(1):66–71.
14. Ambagtsheer JB. The function of the muscles of the lower leg in relation to movements of the tarsus. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1978;172:1–196.
15. Huang CK, Kitaoka HB, An KN, Chao EY. Biomechanical evaluation of longitudinal arch stability. *Foot Ankle*. 1993 Aug;14(6):353–7.
16. Basmajian JV, Stecko G. THE ROLE OF MUSCLES IN ARCH SUPPORT OF THE FOOT. *J Bone Joint Surg Am*. 1963 Sep;45:1184–90.
17. Valtin B, Leemrijse T. *Pathologie du pied et de la cheville*. Masson. 2009.
18. Gray EG, Basmajian JV. Electromyography and cinematography of leg and foot (“normal” and flat) during walking. *Anat Rec*. 1968 May;161(1):1–15.
19. Kowalski C. *Le petit livre rouge du pied*. Liège: IPL; 2000. 117 p.
20. Toullec E. Adult flatfoot. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015 Feb;101(1):S11–7.
21. Gras P, Casillas J-M, Dulieu V, Didier J. La marche. *Encycl Méd-Chir*. 1996;Kinésithérapie-Médecine physique-réadaptation.
22. Piera J, Grossiord A. La marche. In: *Encyclopédie médico-chirurgicale*. Elsevier-Masson; 1978.
23. Neptune RR, Clark DJ, Kautz SA. Modular control of human walking: a simulation study. *J Biomech*. 2009 Jun 19;42(9):1282–7.
24. Aldea PA, Shaw WW. Lower extremity nerve injuries. *Clin Plast Surg*. 1986 Oct;13(4):691–9.



25. Judet R, Judet J, Lanzetta A, Letournel E. [Fractures of the acetabulum. Classification and guiding rules for open reduction]. *Arch Orthop.* 1968;81(3):119–58.
26. Schmalzried TP, Noordin S, Amstutz HC. Update on nerve palsy associated with total hip replacement. *Clin Orthop.* 1997 Nov;(344):188–206.
27. Lambrinudi C. A Method of correcting Equinus and Calcaneous Deformities at the Sub-Astragaloid Joint. *Proc R Soc Med.* 1933 Apr;26(6):788–91.
28. Parsons SW, Bell MJ, Sharrard WJ, Duckworth T. The management of dropfoot using the Lambrinudi arthrodesis. *Z Für Kinderchir Organ Dtsch Schweiz Osterreichischen Ges Für Kinderchir Surg Infancy Child.* 1988 Dec;43 Suppl 2:38–9.
29. Elsner A, Barg A, Stufkens S, Knupp M, Hintermann B. [Modified Lambrinudi arthrodesis with additional posterior tibial tendon transfer in adult drop foot]. *Oper Orthop Traumatol.* 2011 Apr;23(2):121–30.
30. Tang SC, Leong JC, Hsu LC. Lambrinudi triple arthrodesis for correction of severe rigid drop-foot. *J Bone Joint Surg Br.* 1984 Jan;66(1):66–70.
31. Fontaine C, Wavreille G, Grauwin MY, Chantelot C. Principes généraux des transferts musculotendineux. In: *Lésions traumatiques des nerfs périphériques.* Elsevier. 2007.
32. Tubiana R. Transferts tendineux. In: *Traité de Chirurgie de la main.* Masson. Paris, France; 1991. p. 81–95.
33. Ober F. Tendon transplantation in the lower extremity. *N Engl J Med.* 1933;(209):52–9.
34. Goh JC, Lee PY, Lee EH, Bose K. Biomechanical study on tibialis posterior tendon transfers. *Clin Orthop.* 1995 Oct;(319):297–302.
35. Das P, Kumar J, Karthikeyan G, Rao PSSS. Peroneal strength as an indicator in selecting route of tibialis posterior transfer for foot drop correction in leprosy. *Lepr Rev.* 2013 Sep;84(3):186–93.

36. Qian J, Yao W, Qian C. [A long-term follow-up result of posterior tibialis muscle transfer for foot-drop in leprosy patients]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi Zhongguo Xiufu Chongjian Waike Zazhi Chin J Reparative Reconstr Surg.* 2003 May;17(3):240–1.
37. Bleton R. Traitement palliatif des paralysies du nerf fibulaire commun. In: *Lésions traumatiques des nerfs périphériques De la réparation nerveuse directe aux interventions palliatives.* Elsevier; 2007. p. 215–9.
38. Mayer L. The Physiological Method of Tendon Transplantation in the Treatment of Paralytic Drop-Foot. *J Bone Jt Surg.* 1937 Apr 1;19(2):389–94.
39. Andesen J. Foot drop in leprosy and its surgical correction. 1963;33:151–71.
40. Srinivasan H, Mukherjee SM, Subramaniam RA. Two-tailed transfer of tibialis posterior for correction of drop-foot in leprosy. *J Bone Joint Surg Br.* 1968 Aug;50(3):623–8.
41. Watkins MB, Jones JB, Ryder CT, Brown TH. Transplantation of the posterior tibial tendon. *J Bone Joint Surg Am.* 1954 Dec;36-A(6):1181–9.
42. Brand PW. The reconstruction of the hand in leprosy. *Ann R Coll Surg Engl.* 1952 Dec;11(6):350–61.
43. Carayon A, Bourrel P, Bourges M, Touzé M. Dual transfer of the posterior tibial and flexor digitorum longus tendons for drop foot. Report of thirty-one cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1967 Jan;49(1):144–8.
44. Grauwin MY, Wavreille G, Fontaine C. Double transfert tendineux pour pied tombant. *Rev Chir Orthopédique Traumatol.* 2015 Feb;101(1):84–7.
45. Green NE, Griffin PP, Shiavi R. Split posterior tibial-tendon transfer in spastic cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am.* 1983 Jul;65(6):748–54.
46. Prahinski JR, McHale KA, Temple HT, Jackson JP. Bridle transfer for paresis of the anterior and lateral compartment musculature. *Foot Ankle Int.* 1996 Oct;17(10):615–9.
47. McCall RE, Frederick HA, McCluskey GM, Riordan DC. The Bridle procedure:

- a new treatment for equinus and equinovarus deformities in children. *J Pediatr Orthop*. 1991 Feb;11(1):83–9.
48. Tomeno B, Anract P, Vinh TS. [Transfer of posterior tibial muscle to the back of the foot: an original procedure for fixing the transplant]. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot*. 1998 Apr;84(2):194–6.
49. Vigasio A, Marcoccio I, Patelli A, Mattiuzzo V, Prestini G. New tendon transfer for correction of drop-foot in common peroneal nerve palsy. *Clin Orthop*. 2008 Jun;466(6):1454–66.
50. Verdié C, Daviet JC, Borie MJ, Popielarz S, Munoz M, Salle JY, et al. [Epidemiology of pes varus and/or equinus one year after a first cerebral hemisphere stroke: apropos of a cohort of 86 patients]. *Ann Réadapt Médecine Phys Rev Sci Société Fr Rééduc Fonct Réadapt Médecine Phys*. 2004 Mar;47(2):81–6.
51. Brun V, Labauge P, Robinson A, Benaim C, Dhoms G, Codine P. Les facteurs de reprise de la marche chez l'hémiplégique vasculaire. In: *La marche humaine et sa pathologie*. Paris: Masson; 1994. p. 167–78.
52. Gracies J-M. Pathophysiology of spastic paresis. II: Emergence of muscle overactivity. *Muscle Nerve*. 2005 May;31(5):552–71.
53. Rémy-Néris O. Spasticité. *Kinésithérapie-Médecine Phys-Réadapt*. 1997;
54. Lance JW. What is spasticity? *Lancet Lond Engl*. 1990 Mar 10;335(8689):606.
55. Lance JW, Burke D. Mechanisms of spasticity. *Arch Phys Med Rehabil*. 1974 Aug;55(8):332–7.
56. Perry J. Determinants of muscle function in the spastic lower extremity. *Clin Orthop*. 1993 Mar;(288):10–26.
57. Lawrence SJ, Botte MJ. Management of the adult, spastic, equinovarus foot deformity. *Foot Ankle Int*. 1994 Jun;15(6):340–6.
58. Waters RL, Frazier J, Garland DE, Jordan C, Perry J. Electromyographic gait analysis before and after operative treatment for hemiplegic equinus and

- equinovarus deformity. *J Bone Joint Surg Am.* 1982 Feb;64(2):284–8.
59. Knutsson E, Richards C. Different types of disturbed motor control in gait of hemiparetic patients. *Brain J Neurol.* 1979 Jun;102(2):405–30.
60. Dimitrijević MR, Faganel J, Sherwood AM, McKay WB. Activation of paralysed leg flexors and extensors during gait in patients after stroke. *Scand J Rehabil Med.* 1981;13(4):109–15.
61. Péliissier J, Moulin M, Bouffard-Vercelli M, Brun V, Galtier F, Codine P. L'hémiplégique un an après l'ictus. Enquête sur le devenir de 120 hémiplégiques rééduqués en centre spécialisé. In: Hémiplégie vasculaire de l'adulte et médecine de rééducation. Paris: Masson; 1988. p. 347–55.
62. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther.* 1987 Feb;67(2):206–7.
63. Pradon D, Hutin E, Khadir S, Taiar R, Genet F, Roche N. A pilot study to investigate the combined use of Botulinum toxin type-a and ankle foot orthosis for the treatment of spastic foot in chronic hemiplegic patients. *Clin Biomech Bristol Avon.* 2011 Oct;26(8):867–72.
64. Gros C, Frerebeau P, Benezech J, Privat J. Neurotomie radiculaire sélective.
65. Boudarham J, Pradon D, Roche N, Bensmail D, Zory R. Effects of a dynamic-ankle-foot orthosis (Liberté®) on kinematics and electromyographic activity during gait in hemiplegic patients with spastic foot equinus. *NeuroRehabilitation.* 2014;35(3):369–79.
66. Gascq D, Molinier F, Bensafi H, Chiron P, Puget J, Marque P. Transfert tendineux du tibial postérieur selon la technique de Watkins chez l'adulte : résultats et tolérance à long terme. 2012.
67. Williams PF. Restoration of muscle balance of the foot by transfer of the tibialis posterior. *J Bone Joint Surg Br.* 1976 May;58(2):217–9.
68. Wagenaar F-CBM, Louwerens JWK. Posterior tibial tendon transfer: results of fixation to the dorsiflexors proximal to the ankle joint. *Foot Ankle Int.* 2007

- Nov;28(11):1128–42.
69. Yeap JS, Birch R, Singh D. Long-term results of tibialis posterior tendon transfer for drop-foot. *Int Orthop*. 2001;25(2):114–8.
  70. Shah RK. Tibialis posterior transfer by interosseous route for the correction of foot drop in leprosy. *Int Orthop*. 2009 Dec;33(6):1637–40.
  71. Dreher T, Wolf SI, Heitzmann D, Fremd C, Klotz MC, Wenz W. Tibialis posterior tendon transfer corrects the foot drop component of cavovarus foot deformity in Charcot-Marie-Tooth disease. *J Bone Joint Surg Am*. 2014 Mar 19;96(6):456–62.
  72. Saji MJ, Upadhyay SS, Hsu LC, Leong JC. Split tibialis posterior transfer for equinovarus deformity in cerebral palsy. Long-term results of a new surgical procedure. *J Bone Joint Surg Br*. 1993 May;75(3):498–501.
  73. Soares D. Tibialis posterior transfer for the correction of foot drop in leprosy. Long-term outcome. *J Bone Joint Surg Br*. 1996 Jan;78(1):61–2.
  74. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int*. 1994 Jul;15(7):349–53.
  75. Trnka HJ. Dysfunction of the tendon of tibialis posterior. *J Bone Joint Surg Br*. 2004 Sep;86(7):939–46.
  76. Mulier T, Moens P, Molenaers G, Spaepen D, Dereymaeker G, Fabry G. Split posterior tibial tendon transfer through the interosseus membrane in spastic equinovarus deformity. *Foot Ankle Int*. 1995 Dec;16(12):754–9.
  77. Kling TF, Kaufer H, Hensinger RN. Split posterior tibial-tendon transfers in children with cerebral spastic paralysis and equinovarus deformity. *J Bone Joint Surg Am*. 1985 Feb;67(2):186–94.
  78. Steinau H-U, Tofaute A, Huellmann K, Goertz O, Lehnhardt M, Kammler J, et al. Tendon transfers for drop foot correction: long-term results including quality of life assessment, and dynamometric and pedobarographic measurements.

- Arch Orthop Trauma Surg. 2011 Jul;131(7):903–10.
79. Medical Research Council. Aids to the examination of the peripheral nervous system. Her Majesty's Stationery Office, London; 1981.
80. Yeap JS, Singh D, Birch R. A method for evaluating the results of tendon transfers for foot drop. Clin Orthop. 2001 Feb;(383):208–13.
81. Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation : the Barthel index. Md State Med J. 1965 Feb;14:61–5.
82. Smith SJ, Ellis E, White S, Moore AP. A double-blind placebo-controlled study of botulinum toxin in upper limb spasticity after stroke or head injury. Clin Rehabil. 2000 Feb;14(1):5–13.
83. Ishida Y, Lwin S, Myint K. Follow-up of tibialis posterior transfer surgery (TPT) for drop-foot in leprosy. Nihon Hansen Gakkai Zasshi Jpn J Lepr Off Organ Jpn Lepr Assoc. 2007 Sep;76(3):219–26.
84. Warren AG. The correction of foot drop in leprosy. J Bone Joint Surg Br. 1968 Aug;50(3):629–34.
85. Bisla RS, Louis HJ, Albano P. Transfer of tibialis posterior tendon in cerebral palsy. J Bone Joint Surg Am. 1976 Jun;58(4):497–500.
86. Fuller DA, Keenan MAE, Esquenazi A, Whyte J, Mayer NH, Fidler-Sheppard R. The impact of instrumented gait analysis on surgical planning: treatment of spastic equinovarus deformity of the foot and ankle. Foot Ankle Int. 2002 Aug;23(8):738–43.
87. Renders A, Detrembleur C, Rossillon R, Lejeune T, Rombouts JJ. [Contribution of electromyographic analysis of the walking habits of children with spastic foot in cerebral palsy: a preliminary study]. Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot. 1997;83(3):259–64.
88. Yeap JS, Singh D, Birch R. A method for evaluating the results of tendon transfers for foot drop. Clin Orthop. 2001 Feb;(383):208–13.
89. Wade DT, Langton Hewer R. Stroke: associations with age, sex, and side of

- weakness. *Arch Phys Med Rehabil.* 1986 Aug;67(8):540–5.
90. Masiero S, Avesani R, Armani M, Verena P, Ermani M. Predictive factors for ambulation in stroke patients in the rehabilitation setting: a multivariate analysis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2007 Nov;109(9):763–9.
  91. Napon C, Tougma L, Kaboré R, Kaboré J. [Prognosis for motor deficits after strokes in Burkina Faso]. *Médecine Santé Trop.* 2013 Sep;23(3):320–3.
  92. Duncan WR. Tonic reflexes of the foot. Their orthopaedic significance in normal children and in children with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am.* 1960 Jul;42-A:859–68.
  93. Root ML. Planovalgus foot deformity revisited. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1999 May;89(5):268–9.
  94. Banks HH, Panagakos P. The role of the orthopedic surgeon in cerebral palsy. *Pediatr Clin North Am.* 1967 May;14(2):495–515.
  95. Ruda R, Frost HM. Cerebral palsy. Spastic varus and forefoot adductus, treated by intramuscular posterior tibial tendon lengthening. *Clin Orthop.* 1971 Sep;79:61–70.
  96. 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. *Clin Orthop Relat Res.* 1977 Jun;125:113–8.
  97. Vlachou M, Beris A, Dimitriadis D. Split tibialis posterior tendon transfer for correction of spastic equinovarus hindfoot deformity. *Acta Orthop Belg.* 2010 Oct;76(5):651–7.
  98. Mehling I, Lanz U, Prommersberger K-J, Fuhrmann RA, van Schoonhoven J. [Transfer of the posterior tibialis tendon to restore an active dorsiflexion of the foot]. *Handchir Mikrochir Plast Chir Organ Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft Für Handchir Organ Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft Für Mikrochir Peripher Nerven Gefässe Organ Ver Dtsch Plast Chir.* 2012 Jan;44(1):29–34.

99. Breukink SO, Spronk CA, Dijkstra PU, Heybroek E, Marck KW. [Transposition of the tendon of M. tibialis posterior an effective treatment of drop foot; retrospective study with follow-up in 12 patients]. *Ned Tijdschr Geneeskd.* 2000 Mar 25;144(13):604–8.
100. Hove LM, Nilsen PT. Posterior tibial tendon transfer for drop-foot. 20 cases followed for 1-5 years. *Acta Orthop Scand.* 1998 Dec;69(6):608–10.
101. Pinzur MS, Kett N, Trilla M. Combined anteroposterior tibial tendon transfer in post-traumatic peroneal palsy. *Foot Ankle.* 1988 Apr;8(5):271–5.
102. De Marchi F, Malerba F, Montrasio Alfieri U, Ferrarin M, Rabuffetti M. Tibialis posterior tendon transfer through the interosseal membrane in paralysis of the common peroneal nerve. *Foot Ankle Surg.* 2000 Mar 1;6(1):19–25.
103. Aronow MS. Foot drop correction: by active dorsiflexion or tenodesis effect? Commentary on an article by T. Dreher, MD, et al.: “Tibialis posterior tendon transfer corrects the foot drop component of cavovarus foot deformity in Charcot-Marie-Tooth disease.” *J Bone Joint Surg Am.* 2014 Mar 19;96(6):e50.
104. Rath S, Schreuders TAR, Stam HJ, Hovius SER, Selles RW. Early active motion versus immobilization after tendon transfer for foot drop deformity: a randomized clinical trial. *Clin Orthop.* 2010 Sep;468(9):2477–84.
105. Richard BM. Interosseous transfer of tibialis posterior for common peroneal nerve palsy. *J Bone Joint Surg Br.* 1989 Nov;71(5):834–7.
106. Gunn DR, Molesworth BD. The use of tibialis posterior as a dorsiflexor. *J Bone Joint Surg Br.* 1957 Nov;39-B(4):674–8.
107. Hsu JD, Hoffer MM. Posterior tibial tendon transfer anteriorly through the interosseous membrane: a modification of the technique. *Clin Orthop.* 1978 Apr;(131):202–4.
108. Miller GM, Hsu JD, Hoffer MM, Rentfro R. Posterior tibial tendon transfer: a review of the literature and analysis of 74 procedures. *J Pediatr Orthop.* 1982 Oct;2(4):363–70.



109. Mizel MS, Temple HT, Scranton PE, Gellman RE, Hecht PJ, Horton GA, et al. Role of the peroneal tendons in the production of the deformed foot with posterior tibial tendon deficiency. *Foot Ankle Int.* 1999 May;20(5):285–9.
110. Deland JT, Arnoczky SP, Thompson FM. Adult acquired flatfoot deformity at the talonavicular joint: reconstruction of the spring ligament in an in vitro model. *Foot Ankle.* 1992 Aug;13(6):327–32.
111. Yeap JS, Singh D, Birch R. Tibialis posterior tendon dysfunction: a primary or secondary problem? *Foot Ankle Int.* 2001 Jan;22(1):51–5.
112. Kaye RA, Jahss MH. Tibialis posterior: a review of anatomy and biomechanics in relation to support of the medial longitudinal arch. *Foot Ankle.* 1991 Feb;11(4):244–7.
113. Vertullo CJ, Nunley JA. Acquired flatfoot deformity following posterior tibial tendon transfer for peroneal nerve injury : a case report. *J Bone Joint Surg Am.* 2002 Jul;84-A(7):1214–7.

## **ANNEXES**

### **Annexe 1 : Medical Research Council (MRC : Testing)**

- 0** : absence de contraction décelable
- 1** : contraction palpable sans mouvement
- 2** : mouvement sans gravité
- 3** : contraction contre gravité
- 4** : contraction contre forte résistance
- 5** : force normale, composable au côté sain

## **Annexe 2 : Echelle d'Ashworth modifiée**

**0** : Pas d'hypertonie

**1** : Légère hypertonie avec stretch reflex ou minime résistance en fin de course

**2** : Hypertonie avec stretch reflex et résistance au cours de la première moitié de la course musculaire autorisée

**3** : Augmentation importante du tonus musculaire durant toute la course musculaire, mais le segment de membre reste facilement mobilisable.

**4** : Augmentation considérable du tonus musculaire. Le mouvement passif est difficile.

**5** : Hypertonie majeure. Mouvement passif impossible.

### Annexe 3 : Score de Stanmore

Pain	(15 points)
Never	15
Occasionally	10
Sometimes	5
Serious pain	0
Need for orthosis	(15 points)
No need	15
Rerely (once a week)	10
Sometimes (twice a week)	5
Frequent (more than twice a week)	0
Ability to wear normal shoes	(5 points)
Yes	5
Only special models	3
No	0
Functions	(10 points)
Normal daily activity and normal recreation	10
Normal daily activity and limited recreation	6
Limited daily activity and limited recreation	3
Seriously limited daily activity and recreation	0
Degree of active dorsiflexion	(25 points)
Grade 4-5	25
Grade 4	20
Grade 3	10
Grade 2 and lower	0
Degree of active dorsiflexion	(25 points)
More than 6°	25
0-5°	20
-5 / -1°	10
-10 / -6°	5
Less than -11°	0
Foot posture	(5 points)
Plantigrade, balanced, no deformity	5
Plantigrade; mild deformity	3
Obvious deformity, misalignment	0

## Annexe 4 : Score de Barthel

### Alimentation

**10:** indépendant. Capable de se servir des instruments nécessaires. Prend ses repas en un temps raisonnable.

**5:** a besoin d'aide par exemple pour couper.

**0:** dépendance.

### Contrôle sphinctérien

**10:** continence.

**5:** fuites occasionnelles.

**0:** incontinence ou prise en charge personnelle si sonde vésicale à demeure.

### Anorectal

**10:** continence. Capable de s'administrer un lavement ou un suppositoire.

**5:** accidents occasionnels. A besoin d'aide pour un lavement ou un suppositoire si nécessaire.

**0:** incontinence.

### W.C.

**10:** indépendance.

**5:** intervention d'une tierce personne.

**0:** dépendance.

### Soins personnels

**5:** possible sans aide.

**0:** dépendance complète.

### Bain

**5:** possible sans aide.

**0:** dépendance complète.

### Habillage

**10:** indépendance (pour boutonner un bouton, fermer une fermeture éclair, lacer ses lacets, mettre des bretelles).

**5:** a besoin d'aide, mais fait la moitié de la tâche en un temps correct.

**0:** dépendance complète.

### Transfert du lit au fauteuil

**15:** indépendant, y compris pour faire fonctionner un fauteuil roulant.

**10:** peut s'asseoir mais doit être installé.

**5:** capable de s'asseoir, mais nécessite une aide maximale pour le transfert.

**0:** incapacité totale.

### Déplacement

**15:** marche avec soutien ou pas pour plus de 50 mètres.

**10:** marche avec aide pour 50 mètres.

**5:** indépendant pour faire 50 mètres en fauteuil roulant.

**0:** dépendance complète.

### Escaliers

**10:** indépendant, peut se servir de cannes.

**5:** a besoin d'aide ou de surveillance.

**0:** incapacité totale.

**TOTAL :**

## **Annexe 5 : NFAC**

### **Classe 0**

Ne peut marcher ou a besoin de l'aide de plus d'une personne.

### **Classe 1**

Peut marcher avec l'aide permanente d'une personne.

### **Classe 2**

Peut marcher avec l'aide intermittente d'une personne.

### **Classe 3**

Peut marcher avec l'aide d'un soutien verbal sans contact physique.

### **Classe 4**

Peut marcher seul sur surface plane, mais le passage des escaliers est impossible.

### **Classe 5**

Peut marcher seul sur surface plane. Le passage des escaliers est possible avec aide physique d'une tierce personne. (contact physique ou simple surveillance)

### **Classe 6**

Peut marcher seul sur surface plane. Le passage des escaliers est possible en utilisant une rampe ou une canne, sans aide et/ou surveillance de la part d'une tierce personne.

### **Classe 7**

Peut marcher seul sur surface plane. Le passage des escaliers est possible seul mais anormalement (plus lent avec boiterie), sans aide et/ou surveillance de quelqu'un, ni d'appui externe.

### **Classe 8**

Peut marcher seul en surface plane et franchit seul les escaliers de façon normale sans se servir de la rampe ou d'une canne avec passage des marches normalement.

**AUTEUR : Nom : Nachef**

**Prénom : Nadine**

**Date de Soutenance : 18 septembre 2015**

**Titre de la Thèse : Transfert du tibial postérieur dans les paralysies des releveurs du pied d'origine périphérique et centrale : efficacité et effets indésirables à long terme**

**Thèse - Médecine - Lille 2015**

**Cadre de classement : Chirurgie orthopédique et traumatologique**

**DES + spécialité : DES de chirurgie générale**

**Mots-clés : pied tombant, pied varus-équin, transfert tendineux, spasticité, marche**

**Contexte :** Le traitement chirurgical le plus utilisé pour pallier le déficit neurologique des releveurs du pied est le transfert du tibial postérieur. Notre objectif était d'évaluer son efficacité ainsi que la survenue d'effets indésirables sur la statique du pied à long terme.

**Méthode :** Dans cette étude rétrospective, deux populations ont été étudiées, une présentant des lésions nerveuses périphériques (population « périphérique ») et une autre victime d'une lésion centrale (population « centrale »). Les principales évaluations pour mesurer l'efficacité du transfert étaient l'amplitude de flexion dorsale active en analytique et à la marche, le taux de sevrage de l'appareillage et un score de satisfaction global (/4). Pour l'évaluation des effets indésirables sur la statique du pied, une analyse clinique, instrumentale (baropodométrie) et radiographique de la statique du pied a été effectuée.

**Résultats :** Quinze pieds ont été évalués dans la population « périphérique » et 17 pieds (16 patients) dans la population « centrale ». Le recul moyen était de 7,2 ans. Dans la population « centrale », on observait une flexion dorsale active chez 8 patients (47%) en analytique avec une position moyenne atteinte de  $4,4 \pm 8,1^\circ$ . A la marche, 8 patients (47%) avaient une dorsiflexion active visible, avec un arc de mobilité moyen de  $5,9 \pm 2,7^\circ$ . 81,8% des patients ont été sevrés de leur appareillage. Le score de satisfaction était en moyenne de 2,7/4. Sur le plan de la statique, on relevait une tendance au pied creux du côté opéré. Il n'y avait pas de prépondérance de valgus d'arrière-pied, mais on objectivait 1 varus résiduel. On notait 5 pieds pronatus et 2 pieds supinatus. Dans la population « périphérique », 12 patients (80%) présentaient une dorsiflexion active en analytique jusqu'à la position moyenne de  $0,5 \pm 11,7^\circ$ . A la marche, on visualisait une dorsiflexion chez 10 patients (66,7%) avec un arc de mobilité de  $5,8 \pm 1,6^\circ$ . 100% des patients ont été sevrés de leur appareillage, le score de satisfaction global était en moyenne de 2/4. Sur le plan de la statique, on observait plus de pieds creux du côté opéré. Il n'y avait pas de prépondérance de valgus d'arrière-pied, mais on objectivait 4 varus. On notait 1 pied pronatus et 2 pieds supinatus-adductus.

**Conclusion :** Le transfert du tibial postérieur semble donc offrir des résultats fonctionnels intéressants dans les deux populations, sans entraîner d'effondrement de l'arche médiale du pied.

**Composition du Jury :**

**Président : Monsieur le Professeur C. FONTAINE**

**Asseseurs :**

**Monsieur le Professeur C. MAYNOU**

**Monsieur le Professeur A. THEVENON**

**Monsieur le Docteur Ph. DENORMANDIE**

**Monsieur le Docteur E. ALLART**