

# Déformations neurologiques du pied : seule la chirurgie est efficace?

NÉJIB KHOURI

Chirurgien des Hôpitaux

Service de Chirurgie orthopédique pédiatrique

Hôpital universitaire Necker-Enfants Malades 75015

Chirurgien Responsable de l'Unité d'Analyse du mouvement

CRF Fondation Ellen Poidatz

77310 Saint Fargeau – Ponthierry

nejib.khouri@gmail.com

## Introduction

Toute déformation du pied doit être étudiée et considérée dans l'optique de l'ensemble du membre inférieur et des possibilités globales fonctionnelles et psychiques du patient. Les attitudes vicieuses ou déformations sont la conséquence du déséquilibre musculaire induit par le désordre neurologique central (faiblesse de certaines groupes musculaires, contractions excessives ou anarchiques, spasticité). L'effondrement postural en charge et le mauvais positionnement ajoutent leurs effets déformants. Chez l'enfant en croissance le déséquilibre musculaire persistant entraîne des déformations structurales ostéoarticulaires.

Le traitement orthopédique ou chirurgical d'une déformation neurologique du pied repose sur l'analyse du déséquilibre musculaire et de la réductibilité de la déformation.

Chez le sujet marchant ou déambulant deux paramètres biomécaniques sont associés à cette analyse clinique : la connaissance des pivots du pied lors de la marche et du couple flexion plantaire extension du genou. Chez le sujet peu ambulant ou assis c'est la tolérance de la déformation lors de l'appui ou du chaussage qui guidera le traitement approprié.

Plus encore le traitement chirurgical ne sera optimal que s'il est accompagné d'une orthèse adaptée et à l'inverse une orthèse ne sera tolérée que si la déformation du pied a été corrigée par la chirurgie.

Nous envisageons ici principalement les déformations dans la paralysie cérébrale et autres déformations d'origine centrale apparentées.

### Focus : Comprendre le couple flexion plantaire/extension du genou (fig.1)

Au milieu de la phase d'appui la force de réaction du sol passe en avant de la cheville et en avant du genou. La stabilité du genou est assurée passivement. Cependant l'orientation du pied dans le plan sagittal et transverse par rapport à l'axe de flexion extension du genou est déterminante. Si schématiquement le pied est dans l'axe de progression le vecteur d'extension sur le genou sera maximal. À l'inverse si l'appui du pied se fait en exorotation par rapport au genou le vecteur d'extension sera réduit.

Le positionnement du pied en rotation externe peut être la conséquence d'une déformation intrinsèque du pied en valgus, de la cheville en valgus ou d'une exorotation du squelette jambier. Ces différentes déformations peuvent être associées et le clinicien devra déterminer leurs parts respectives.

Cette stabilité schématique du genou est modulée par des actions musculaires. Le soléaire n'est pas que fléchisseur plantaire de la cheville. Quand le pied est en position plantigrade pendant le deuxième pivot, le soléaire est actif et travaille excentriquement pour limiter l'inclinaison antérieure du tibia. Ainsi, il fonctionne en extenseur du genou. Ce fait est connu sous le nom de couple flexion plantaire/extension du genou. Ce couplage normal nécessite un pied de fonction, structure et alignement normal avec un complexe gastrocnémiens-soléus d'activité et de forces normales. Les situations pathologiques peuvent affecter l'une ou toutes ces conditions rendant le couplage excessif ou insuffisant. Le genou peut aller vers l'hyperextension pendant la mi appui au-dessus d'un pied bien aligné en présence d'une spasticité ou d'une rétraction du triceps. Le couple flexion plantaire extension du genou peut aussi être insuffisant et contribuer à la marche genou fléchi.

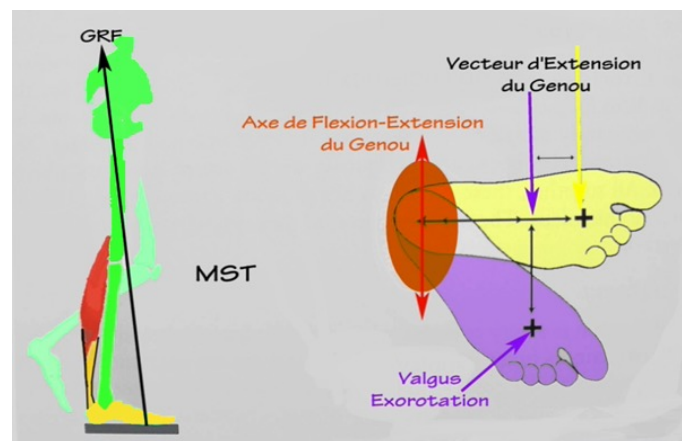


Figure 1. Le couple flexion plantaire extension du genou. D'après J. Perry 2010, J. Gage 2004, F. Miller 2004

## 2. Place de l'appareillage

L'orthèse dite « courte de marche » occupe dans l'appareillage du pied une place de plus en plus prépondérante et ce au détriment de la chaussure orthopédique. Tout chirurgien orthopédiste traitant une déformation du pied doit maîtriser les concepts mécaniques, la réalisation et la surveillance des orthèses qui vont encadrer l'acte opératoire.

L'orthèse rigide est restée longtemps le modèle de référence. Mais ce type d'orthèse ne pouvait convenir à toutes les déformations. Ainsi, depuis quelques années, les modèles d'orthèses se sont largement diversifiés. En contrepartie une certaine confusion s'est installée dans la terminologie et dans l'indication de ces différents modèles.

### 2.1 La terminologie

En France, une orthèse se définit par sa limite anatomique supérieure et inférieure ou par les segments osseux compris dans ces limites. Ainsi on devrait, en l'occurrence parler d'orthèse suro-pédieuse ou mollet-plante. La terminologie internationale a adopté comme repères les articulations englobées par l'orthèse. Ainsi Ankle Foot Orthosis AFO se traduit par orthèse cheville-pied.

### 2.2 Les critères de qualité

Le respect de la mobilité « utile ». L'orthèse cheville-pied de marche doit autant que faire se peut respecter la mobilité de la cheville durant la phase d'appui. Ce respect pourra être complet ou partiel. Dans ce dernier cas il est pratique de se référer aux trois roulements ou pivots.

La recherche d'une aide à la fonction représente la deuxième préoccupation du chirurgien. Le principe du couplage entre la flexion plantaire (FP) de la cheville et l'extension du genou est appliqué. Un sujet qui possède des fléchisseurs plantaires insuffisants pour freiner la bascule de la jambe en avant aura un genou sus-jacent en flexion excessive. La mise en place d'une orthèse cheville-pied contrôlant cette inclinaison réduit ainsi la flexion du genou et améliore la fonction du quadriceps et la stabilité du genou.

### 2.3 Les différents modèles d'orthèses de marche

On précisera s'il s'agit d'une orthèse rigide ou flexible, d'orthèse à ouverture antérieure ou postérieure, d'orthèse avec ou sans effet de sol.

Il faut souligner que la plupart des orthèses ont des indications communes :

- Favoriser l'attaque du pas par le talon
- Stabiliser la cheville et la jambe
- Contrôler le pied tombant.

L'Orthèse rigide cheville-pied

La plus couramment prescrite

**Les avantages :**

- Interdit le réflexe d'étirement du triceps que favorise le deuxième roulement
- Initie l'extension du genou lors de la phase d'appui

(grâce au couple FP de cheville/extension genou).

Les inconvénients :

- Les 3 roulements sont bloqués.

L'Orthèse flexible type releveur (fig. 2)

**Les avantages :**

- Autorise les 3 roulements grâce à sa relative souplesse, mais ces roulements restent limités.

Les inconvénients : ils sont le revers de sa qualité principale.

- Maintien non strict de l'arrière pied.

- Contrôle insuffisant d'une raideur du triceps.

- Couple FP de cheville/extension genou nul.

L'orthèse cheville-pied articulée (Articulated AFO) (fig. 3)

Le type de cette articulation est variable : type Gillette trop souple et type Tamarak la plus utilisée chez l'enfant s'opposant à l'instabilité médio latérale du pied.

Le réglage de l'amplitude de flexion-extension se fait à la demande par un dispositif de réglage postérieur.

**Les avantages :**

- Le deuxième roulement est possible et le troisième roulement est partiel

- Le couple FP de cheville/extension du genou peut être réglé précisément.

**Les inconvénients :**

- Ne convient pas à des triceps spastiques

- Le couple FP de cheville/extension du genou reste insuffisant pour lutter contre une triple flexion.



Figure 2



Figure 3

Figure 2. L'Orthèse flexible type releveur

Figure 3. L'orthèse cheville-pied articulée

Les orthèses pied-cheville avec effet de sol (Ground Reaction floor orthoses) (fig. 4)

Elles sont de deux types : rigide ou articulée cheville

Les avantages :

- L'effet du couple FP cheville/extension du genou est ici poussé à son extrême : c'est l'orthèse de choix pour s'opposer à la triple flexion.

L'orthèse articulée cheville avec effet de sol (Rear Entry)

(fig. 5) est la plus originale et la plus limitée dans ses indications. Elle permet une flexion plantaire donc un premier roulement. Elle exige une commande des releveurs.

L'orthèse rigide cheville avec effet de sol (fig. 6) aide à la fonction mais au prix d'une perte complète de la mobilité de la cheville.

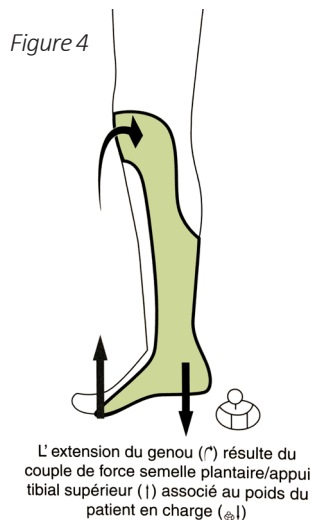


Figure 4. Principe de l'effet de sol

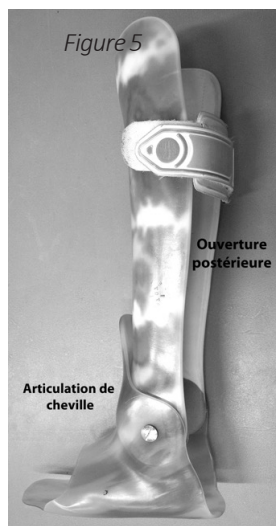


Figure 5. L'orthèse articulée cheville avec effet de sol (Rear Entry)

L'orthèse évolutive articulée cheville avec effet de sol (fig.7)

Cette orthèse aide à l'extension du genou tout en autorisant une mobilité évolutive de cheville réglable précisément grâce à un dispositif postérieur.

La mobilité de cheville libérée peut permettre un premier roulement (rabattement du pied au contact initial) et un troisième roulement (propulsion du triceps). Associé au dispositif de réglage angulaire de la cheville, l'utilisation d'un bouclier antérieur tibial permet de transmettre le vecteur force vers le genou de manière efficace et constante.

Cette orthèse peut convenir au pied tombant ou non durant l'oscillation, au pied raide ou souple, au pied correctement motorisé ou non. Elle permet d'aider à l'extension du genou durant la phase d'appui monopodal (pied plantigrade), tout en respectant un déficit possible d'extension du genou et de la hanche, les réglages vers la flexion plantaire et dorsale se faisant de manière précise et indépendante.

Les matériaux avec lesquels sont fabriqués les orthèses de même que articulations de cheville évoluent constamment. La confrontation avec les orthoprothésistes est indispensable mais il incombe au chirurgien orthopédiste de préciser l'orientation mécanique qu'il souhaite donner à l'orthèse.

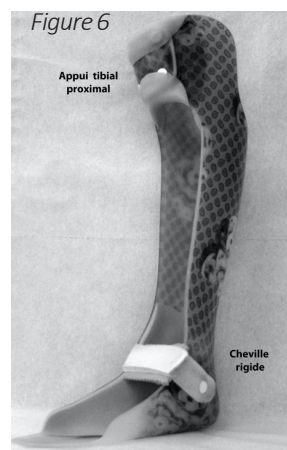


Figure 6. L'orthèse rigide cheville avec effet de sol



Figure 7. L'orthèse évolutive articulée cheville avec effet de sol

## 2.4. Résumé des indications

L'orthèse rigide est utile en cas de raideur du triceps avec un pied globalement mal motorisé.

L'orthèse flexible est indiquée en cas de pied tombant non ou peu raide.

L'orthèse articulée est surtout intéressante si les fléchisseurs plantaires sont à la fois souples et actifs.

L'orthèse avec effet de sol s'oppose à une marche en triple flexion : orthèse rigide si le pied est tombant en phase oscillante ; orthèse articulée si le pied n'est pas tombant.

L'orthèse évolutive articulée avec effet de sol s'adapte aux différents types de marche avec un genou trop fléchi à la mi-appui.

## 3. Confrontation médicochirurgicale autour du PIED VALGUS

Il n'existe pas un pied valgus mais des pieds en valgus. La déformation peut être simple où complexe intéressant chaque segment et articulation du pied :

- Valgus sous talien réductible ou fixé
- Médio tarsienne souple ou déformée
- Avant pied en abduction et en supination..
- Cheville souple ou en équin

Elles sont souvent la conséquence d'un déséquilibre entre un triceps hyper actif et rétracté avec un muscle tibial postérieur faible et des muscles fibulaires spastiques.

Ces déformations sont souvent associées à des anomalies rotationnelles des membres inférieurs. Elles diminuent l'efficacité mécanique de l'appui du pied au sol lors de la station debout et de la marche. Elles entraînent des conflits cutanés et des douleurs d'appui. L'orientation thérapeutique dépend de la balance musculaire, de la fonction (marchant, non ou peu marchant), de la maturité du patient et de la mécanique globale des membres inférieurs.

Les déformations souples en valgus de l'enfant peuvent être initialement contrôlées par des orthèses (coques moulées, orthèses plastiques jambe- pied). Une infiltration de toxine botulinique dans le long fibulaire peut diminuer son effet everseur.

Cependant, avec l'âge, elles sont de moins en moins bien tolérées et difficile à maîtriser par des traitements orthopédiques.

Deux options thérapeutiques peuvent alors être proposées en fonction de la mobilité active.

Mobilité active déficitaire (sélectivité mauvaise ou nulle, faiblesse, co-contractions) :

- Pied raide mature : reconstruction-triple arthrodèse
- Pied souple : fixation sous talienne et arthrodèse talo naviculaire

Mobilité active correcte et réductibilité :

ostéotomies adaptées à la déformation : allongement du calcaneus, translation du calcaneus associées à des ostéotomies dans le cunéiforme médial, tarsectomies dans le médio pied ...

La chirurgie musculo tendineuse sur le triceps et le court fibulaire est souvent associée. Le long fibulaire



ne sera jamais allongé. Un triceps spastique sera traité au préalable par une infiltration de toxine botulinique. La réussite du traitement dépend de :

- La correction des autres déformations qui entravent la marche si le sujet est ambulant
- Le choix d'une orthèse appropriée en fonction de la mécanique du pied et des articulations sus-jacentes. Il faut souligner que ces interventions ne suppriment pas la nécessité d'utiliser une orthèse diurne appropriée en raison du déséquilibre musculaire. Elles permettent simplement une croissance correcte du pied chez le sujet en croissance et suppriment les conflits cutanés du pied en charge. De plus l'efficacité mécanique du pied corrigé appareillé est accrue.

#### 4. Confrontation médico chirurgicale autour de la la marche genoux fléchis (crouch gait) Fig. 8-9

Ce pattern est typique du diplégique spastique.

Le genou est fléchi à l'appui, la hanche est incomplètement étendue et la cheville est en flexion dorsale excessive. Le genou est souvent raide lors de l'oscillation.

La majorité des ensembles musculotendineux sont longs. Ceci est vrai pour tous les muscles monoarticulaires comme le solaire, le quadriceps et le glutens maximus et parfois pour les bi-articulaires que sont les ischio-jambiers. Ces derniers sont courts uniquement chez les patients présentant une rétroversion du bassin. Quand le pelvis est en position neutre les ischio-jambiers sont souvent de longueur normale et quand le pelvis est antéversé les ischio-jambiers sont excessivement longs. Sans analyse instrumentale de la marche et étude des longueurs musculaires fonctionnelles lors de la marche il est difficile d'apprécier la véritable longueur du muscle. Ainsi un allongement inapproprié ou excessif des ischio-jambiers peut entraîner une majoration de la bascule antérieure du bassin générant à long terme des douleurs lombaires. L'insuffisance du quadriceps est parfois associée. Elle se traduit par un angle mort quadricipital et une patella alta.

La flexion dorsale excessive de la cheville lors de l'appui perturbe le couple flexion plantaire/extension du genou et ajoute son effet mécanique délétère. L'insuffisance des extenseurs de hanche et le déséquilibre en faveur des fléchisseurs de hanche accentuent la marche genoux fléchis.

Les troubles rotationnels ou anomalies transverses des membres inférieurs contribuent à la marche genou fléchi. En effet le couple flexion plantaire/extension du genou se manifeste non seulement dans le plan sagittal mais aussi dans le plan transverse par un bras de levier déficient pour stabiliser le genou vers l'extension. Le flexum fixé du genou et/ ou de la hanche pérennise cette anomalie de la marche initialement due au déséquilibre musculotendineux conséquence de l'atteinte neurologique.

Le traitement chirurgical associe différentes procédures :

- L'allongement intramusculaire des ischio-jambiers internes si leur longueur fonctionnelle est courte.

- L'amélioration de l'extension du genou à la mi appui si le quadriceps est insuffisant par un abaissement de la patella si elle est haute et le ligament rotulien allongé.
- Le transfert associé du droit fémoral si le genou est raide en phase oscillante.

Mise en garde : plus un genou est fléchi en phase d'appui plus il présente une perturbation de son oscillation. Ceci est susceptible de lui conférer les caractéristiques d'un genou raide indépendamment de tout effet nocif du droit fémoral.

- L'allongement du psoas si le flexum de hanche est important
- La correction des anomalies dans le plan transverse (endorotation des hanches-exorotation des squelettes jambiers-effondrement des pieds en charge)

L'appareillage postopératoire devra aider à la maîtrise du couple flexion plantaire/ extension du genou en adjoignant si nécessaire un effet sol comme aide au renvoi de la jambe vers l'arrière.



Figure 8. Diplégie spastique présentant une déformation évolutive des membres inférieurs en triple flexion avec une perte progressive de la déambulation et une intolérance des appareillages. Les genoux sont fléchis et raides avec des ischio-jambiers courts et des rotules hautes. Les pieds sont mal motorisés et effondrés en valgus en charge.

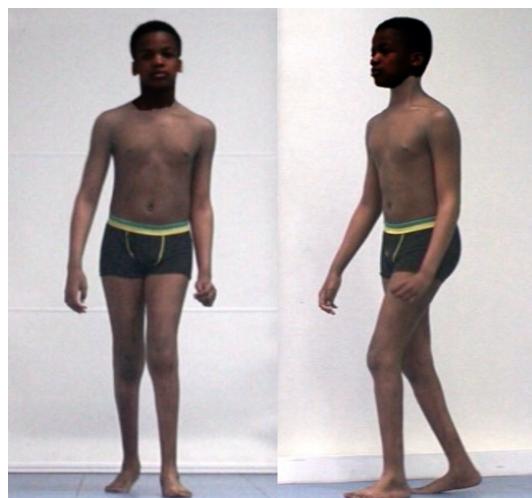


Figure 9. Le traitement chirurgical corrigera le flexum des genoux par allongement des ischio-jambiers, abaissement de la patella-raccourcissement du ligament patellaire et transfert droit fémoral. La déformation des pieds sera corrigée par une reconstruction-arthrodèse. La déambulation sera reprise sans douleur avec des appareillages courts et l'aide de cannes.

## Références

Orthopedic Management of Children with Cerebral Palsy: A Comprehensive Approach (Pediatrics, Laboratory, and Clinical Research) 1st Edition; Federico Canavese (Author, Editor), Jacques Deslandes (Editor) Nova Biomedical Books; 1st edition (September 1, 2015) Chapter: 4.2 Indication for Orthosis

Schwarz M, Block J, Kunz T, Alimusaj M, Heitzmann DWW, Putz C, et al. The added value of orthotic management in the context of multi-level surgery in children with cerebral palsy. *Gait Posture*. 2019 ;68 :525–30.

Aboutorabi A, Arazpour M, Bani MA, Saeedi H, Head JS. Efficacy of ankle foot orthoses types on walking in children with cerebral palsy: A systematic review. *Ann Phys Rehabilitation Medicine*. 2017;60(6):393–402.

Gestel LV, Molenaers G, Huenaerts C, Seyler J, Desloovere K. Effect of dynamic orthoses on gait: a retrospective control study in children with hemiplegia. *Dev Medicine Child Neurology*. 2008;50(1):63–7.

Jarrige M, Yepremian D, Desailly E, Rozière S, Khouri N. Une nouvelle orthèse courte de marche chez l'enfant et l'adolescent IMC : l'orthèse évolutive, articulée cheville avec effet de sol. *Mot Cérébrale Réadaptation Neurologie Du Développement*. 2009;30(4):153–8.

Saraswat P, MacWilliams BA, Davis RB, D'Astous JL. Kinematics and kinetics of normal and planovalgus feet during walking *Gait & Posture* 2014; 39:339-345

**DOI : 10.34814/sofop-2022-014**