



Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et Réadaptation

Pays de la Loire

54, rue de la Baugerie-44230 SAINT SÉBASTIEN SUR LOIRE

## **Etude préliminaire**

- - -

**Patients opérés d'un hallux valgus par chirurgie mini-invasive :**  
**Proposition d'une rééducation post-opératoire avec protocole**  
**de renforcement musculaire des fléchisseurs plantaires du premier rayon.**

**Adeline LE FRANC**

Travail Écrit de Fin d'Étude  
En vue de l'obtention du Diplôme d'État de Masseur-Kinésithérapeute

Année scolaire 2013-2014

RÉGION DES PAYS DE LA LOIRE





## Résumé

---

L'hallux valgus est aujourd'hui la plus fréquente des déformations de l'avant pied. La prise en charge chirurgicale de cette pathologie est en plein essor.

Dans une série prospective d'interventions mini-invasives de correction de l'hallux valgus dans une Polyclinique, j'ai étudié l'effet d'un protocole rééducatif post chirurgical de renforcement musculaire des fléchisseurs du premier rayon sur la phase terminale de la marche (terminal stance) et, précisément, la propulsion.

L'intégration d'un temps de renforcement musculaire à la rééducation de l'hallux valgus opéré semble efficace pour une meilleure récupération de l'impulsion pulpaire au sol et donc de la propulsion lors de la marche.

## Mots Clés

---

- Baropodométrie
- Chirurgie mini-invasive
- Fléchisseurs plantaires de l'hallux
- Hallux valgus
- Insuffisance fonctionnelle
- Premier rayon
- Renforcement musculaire
- Marche
- Propulsion

## Summary

---

Hallux valgus is nowadays the most frequently encountered deformity of the forefoot. The surgical treatment of this pathology is growing

In a prospective serie of mini invasive interventions of Hallux Valgus correction at the Poly-clinique de l'Atlantique at Saint Herblain, we studied the effect of a post-surgery rehabilitation protocol of muscular stenghtening of the first ray flexors on the terminal stance of walk, precisely propulsion.

The integration of a muscular stenghtening time in the rehabilitation of hallux Valgus seems effective for a better recovery of pulp momentum (pulp impulse) on the ground, and then, of the propulsion during walk.

## Key words

---

- baropodometry
- mini-invasive surgery
- Hallux flexors
- Hallux Valgus
- functional failure
- first ray
- muscular rehabilitation
- walk
- propulsion

## Remerciements

---

A tous les membres du service orthopédique de la Polyclinique,

Aux ingénieurs en matériaux de l'ICAM,

A tout le corps enseignant de l'IFM3R ainsi que Mme S. V-M,

A O.J et A.L, kinésithérapeutes libéraux,

A I. V et I. N-P, pédicures podologues libérales,

A mes proches.

# Sommaire

---

1	Introduction .....	1
2	Contextualisation .....	2
2.1	Hallux valgus : de quoi s'agit-il ? .....	2
2.1.1	Définition .....	2
2.1.2	Population .....	2
2.1.3	Etiologie et physiopathologie .....	3
2.1.4	Doléances des patients .....	6
2.1.5	Retentissement fonctionnel de l'hallux valgus .....	7
2.2	Hallux valgus et chirurgie .....	11
2.2.1	Prise en charge multimodale de l'hallux valgus .....	11
2.2.2	Différentes chirurgies possibles .....	12
2.2.3	Chirurgie mini-invasive : le « mini-chevron » .....	13
2.2.4	Suites opératoires de la technique mini-invasive et rééducation .....	14
2.3	Naissance d'une problématique et d'un protocole de rééducation .....	17
3	Présentation de l'étude .....	18
3.1	Introduction de l'étude .....	18
3.2	Matériel et méthodes .....	18
3.2.1	Population étudiée .....	19
3.2.2	Protocole de l'étude .....	20
3.2.2.1	Premier temps avec les patients intégrant l'étude .....	21
3.2.2.2	Temps de prise en charge masso-kinésithérapique .....	21
3.2.2.3	Temps de prise de mesures/ tests .....	23
3.2.3	Matériel utilisé .....	25
3.2.4	Analyse statistique .....	25
3.3	Résultats et analyse des résultats .....	26
3.4	Discussion .....	28
4	Conclusion du travail écrit .....	30

## 1 Introduction

Lors du stage d'observation effectué en première année d'étude de masso-kinésithérapie, l'opportunité m'a été donnée d'assister à la remise en charge d'une patiente avec reprise de la déambulation. Il a été constaté pour cette patiente que la marche n'était pas altérée en fin de rééducation par son motif de présence au centre (prothèse totale de genou) mais par une anomalie architecturale douloureuse présente à son pied.

Comment se nomme cette déformation du gros orteil ?

Lors d'un second stage en centre de traumatologie-orthopédie, la confrontation à cette pathologie s'est réitérée sur plusieurs des patients du service. Il m'a semblé pertinent de me renseigner sur cette déformation fréquente de l'avant pied appelée **hallux valgus** modifiant significativement le déroulement du pas.

A quoi est due cette déformation ? Quelle est sa physiopathologie ? Quelles en sont les causes ? Quelle population est touchée ? Pourquoi les patients ayant ce type de déviation du gros orteil présentent-ils un déroulement du pas altéré ? Est ce douloureux ? Quelles sont les plaintes et les attentes de ces patients ?

Quelles sont les possibilités de prise en charge des patients porteurs d'un hallux valgus douloureux ? Sur quels critères les patients peuvent-ils avoir recours à la chirurgie ? Quelles sont les techniques chirurgicales utilisées aujourd'hui pour ce type de déformation de l'avant-pied ? Quelles sont les suites opératoires ? Existe-t-il une prise en charge masso-kinésithérapique conventionnelle post-chirurgicale ?

Ce cheminement en 2012 et 2013 m'a amenée à rencontrer un chirurgien orthopédique spécialiste du pied, prenant très fréquemment en charge ce type de pathologie.

Après une première partie de contextualisation, je vous présenterai une étude préliminaire sur la rééducation de patients opérés d'un hallux valgus puis j'exposerai les résultats de cette étude pour enfin les analyser et les discuter à la lumière des connaissances actuelles sur le sujet.

## 2 Contextualisation

### 2.1 Hallux valgus : de quoi s'agit-il ?

#### 2.1.1 Définition

L'hallux valgus, du latin *hallus* : « gros orteil » et *valgus* ; « tourné en dehors » est la déformation la plus fréquemment rencontrée dans les pathologies de l'avant-pied.

Il existe une grande variabilité de définition pour cette anomalie architecturale touchant le pied. Une revue de littérature menée en 2012 par S.E. Nix, B.T. Vicenzino, N.J.Collins et M.D.Smith offre une synthèse d'articles avec mise en évidence d'une corrélation sur certains critères pour définir précisément cette pathologie (1) :

- Augmentation du premier angle inter-métatarsien (supérieur à 10°),
- Hypertrophie de la première tête métatarsienne également appelée exostose (zone principale de conflit avec le chaussage),
- Augmentation de la sphéricité de la tête du premier métatarsien,
- Subluxation de la première articulation métatarso-phalangienne entraînant une déviation latérale des sésamoïdes,
- Pronation du gros orteil.

Lors des entretiens de Bichat à Paris en 2012, C. Piat propose cette définition : « L'hallux valgus se définit par un angle entre la 1<sup>ère</sup> phalange et le premier métatarsien supérieur à 15°. Il s'y associe un métatarsus varus ou angle entre le premier métatarsien et le deuxième métatarsien supérieur à 8° ».

Il existe différents types anatomo-cliniques d'hallux valgus :

- Hallux valgus congénital
- Hallux valgus commun
- Hallux valgus sur pied laxo
- Hallux valgus sur pied tonique
- Hallux valgus arthrosique
- Hallux valgus majeur du sujet âgé (fig.1)



Figure 1 : Hallux valgus majeur du sujet âgé.

#### 2.1.2 Population

L'hallux valgus touche 23% des adultes (entre 18 et 65 ans) et 35,7% des personnes âgées (âge supérieur à 65 ans). Cette déformation est majoritairement féminine et la prévalence augmente avec l'âge. Selon la synthèse de la littérature (78 articles) réalisée en 2010 et parue dans le *Journal of foot and ankle research*, presque 1 femme sur 4 avant 65 ans puis 1 femme sur 3 après 65 ans présentent la déformation (2).

L'hallux valgus non congénital survient majoritairement entre 45 et 55 ans. (2)

### 2.1.3 Etiologie et physiopathologie

#### Anatomophysiologie (3) , (4) (Annexe 1A)

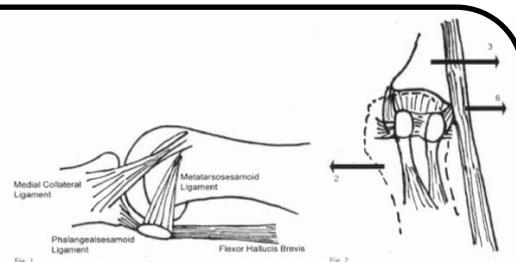
L'Homme, bipède, se distingue par son activité de marche. Il se déplace avec la meilleure stratégie musculaire pour un coût énergétique le plus faible possible.

Le pied est au centre de cette activité de marche. Son organisation pluri-articulaire, tridimensionnelle en trois arches (interne, externe et antérieure) permet une adaptation optimale au sol.

L'avant-pied est un organe amortisseur et propulseur qui subit le maximum de contrainte lors du cycle de marche avec le premier rayon qui a un rôle clé. Le premier rayon ne se réduit pas à l'addition du premier métatarsien et du gros orteil : cette vision anatomique et géométrique n'est pas fonctionnelle, il n'est pas possible de dissocier le premier métatarsien du cunéiforme médial et de l'os naviculaire soit de l'action d'éléments musculaires majeurs comme le tibial antérieur, le tibial postérieur et le long fibulaire.

Le premier métatarsien a un corps plus court et plus trapu que le deuxième métatarsien qui forme l'axe du pied. Cette distinction morphologique se fait très tôt chez l'embryon. L'angle entre le premier et le deuxième métatarsien passe de 30° au deuxième mois de vie intra-utérine à entre 6° et 9° chez l'adulte.

La première articulation métatarsophalangienne ou entité sésamoïdo-gléno-phalangienne est une véritable zone pivot soumise à des contraintes asymétriques d'origine musculaire et ligamentaire. Le sésamoïde latéral est solidement attaché à l'extrémité distale du deuxième rayon par le puissant ligament transverse métatarsien profond. A l'opposé, il n'existe aucune stabilisation médiale de la tête du premier métatarsien. S'ajoute à cette inégalité de soutien ligamentaire, les insertions asymétriques des muscles intrinsèques du pied sur les bords abbatiaux des sésamoïdes. Pour le sésamoïde latéral : chefs oblique et transverse du muscle adducteur de l'hallux et tendon distal du chef latéral du court fléchisseur de l'hallux. Pour le sésamoïde médial : tendon distal du chef médial du muscle court fléchisseur de l'hallux et abducteur de l'hallux. Bien que le faisceau plantaire métatarso-gléno-sésamoïdien du ligament suspenseur médial soit habituellement plus fort et plus large que son homologue latéral, cette disposition syndesmologique ne suffit pas à compenser l'asymétrie des contraintes mécaniques qu'exercent de façon prédominante les muscles intrinsèques de l'hallux sur le côté latéral de l'interligne métatarsophalangien du premier rayon (fig.2)



**Figure 2 : Entité sésamoïdo-gléno-phalangienne du premier rayon**

Cette description anatomique rend parfaitement compte de l'instabilité intrinsèque du premier rayon qui constitue un des éléments pathogéniques fondamentaux expliquant la grande fréquence de sa déformation en hallux valgus.

En ce qui concerne la mobilité articulaire de la première articulation métatarsophalangienne :

- La mobilité passive est de 135° avec 45° de flexion plantaire et 90° de flexion dorsale. (chaîne ouverte)
- La mobilité active mesurée pendant la marche est de 42°. (chaîne fermée)

Maestro explique la différence de mesure ainsi : « *La différence entre la mobilité en chaîne ouverte et chaîne fermée en charge serait due à l'impaction de la tête métatarsienne dans le complexe phalangio-sésamoidien, ce qui positionne les axes transversaux en position plus basse. [...]*

*[...] Les CIR (centre instantané de rotation) métatarsophalangien et métatarso-sésamoidien mettent en évidence des mouvements de glissement prédominant ainsi que le caractère visco-élastique du mécanisme. La flexion s'accompagne d'une rotation automatique en rotation interne du métatarsien avec alignement des axes du métatarsien et de la phalange, et donc du système tendineux avec disparition du valgus physiologique. Ce mécanisme permet de centrer la force propulsive et d'équilibrer les moments rotatoires axiaux déstabilisants. Cela est compromis dans l'hallux valgus. » (3)*

### **Etiologies de l'hallux valgus**

Si la genèse de l'hallux valgus reste toujours difficile à identifier, on reconnaît cependant son origine multifactorielle. La déformation de l'hallux est favorisée et aggravée par les facteurs qui augmentent l'instabilité du premier rayon et les contraintes subies.

L'hallux valgus s'installe lentement par étapes successives sur un fond de facteurs prédisposant que sont (4), (5):

- l'origine congénitale (formes familiales d'hallux valgus). On parle d'hallux valgus congénital quand la déformation apparaît avant 15 ans,
- la brièveté du premier métatarsien,
- l'excès de longueur du premier orteil,
- la sphéricité trop importante de la première tête métatarsienne,
- l'hyper mobilité cunéo-métatarsienne,
- le métatarsus varus primus,
- le pes-planus (pied plat), pied creux, pied creux antéro-interne,
- le tendon d'Achille court,

- la chaussure exerçant une contrainte valgisante sur un premier orteil prédisposé (chaussage à bout étroit), et exerçant une augmentation de contraintes d'étalement de la palette métatarsienne (chaussure à talon haut),
- le pied plat valgus avec un allongement de l'arche interne : l'effondrement de l'arche interne majore les contraintes sur le premier rayon et le valgus concentre alors l'appui sous la première tête métatarsienne,
- une hyper laxité ligamentaire (la prédisposition féminine s'explique notamment par une laxité ligamentaire plus grande que chez l'homme),
- l'obésité majore les contraintes d'étalement de la palette métatarsienne.

Il n'y a donc pas de cause spécifique isolée pour cette déformation, il s'agit d'un ensemble de facteurs favorisants. (Annexe 1B)

### **Physiopathologie de l'hallux valgus**

L'hallux valgus (non congénital), se forme lentement sur plusieurs années par poussées inflammatoires sur un tableau de facteurs intrinsèques et extrinsèques favorisants la déformation.

Tout facteur d'instabilité, qu'il soit au niveau de l'interligne cunéo-métatarsienne, au niveau de l'articulation métatarso-phalangienne ou au niveau du complexe métatarso-sésamoïdien engendre des forces ayant tendance à expulser médialement la tête du premier métatarsien.

Une fois le mécanisme de déstabilisation amorcé, la déformation ne peut que s'aggraver.

Le premier métatarsien se retrouve en varus. L'hyper-mobilité frontale avec augmentation de la divergence des deux premiers métatarsiens induit un mécanisme de rattrapage en valgus de la première phalange. L'appareil sésamoïdien est supinaté : les sésamoïdes paraissent luxés dans le premier espace inter-métatarsien.

Cette déviation se pérennise par la traction asymétrique des muscles intrinsèques du premier rayon, notamment l'adducteur de l'hallux et par la tangente que prennent secondairement sur les déviations angulaires squelettiques les tendons des muscles extrinsèques long fléchisseur et long extenseur de l'hallux. Les structures capsulo-ligamentaires médiales se distendent, l'abducteur de l'hallux se luxé sous la première tête et perd son action. De l'autre côté, les structures capsulo-ligamentaires latérales se rétractent et fixent la déformation (6) (7).

La surface cartilagineuse distale du premier métatarsien est de plus en plus exposée en raison de l'absence de contact avec la phalange, le fibrocartilage s'épaissit sous les contraintes du chaussage formant une saillie médio-supérieure sur la première tête métatarsienne.

L'hallux valgus s'aggrave par poussées inflammatoires jusqu'à la décompensation anatomique et fonctionnelle. Cette déformation du premier rayon a des conséquences sur toute

l'architecture de l'avant-pied. En effet, l'hallux dévié empiète l'espace du deuxième orteil, engendrant une subluxation de celui-ci avec mise en place d'une griffe secondaire (fig.3).

De plus, l'hyper mobilité cunéo-métatarsienne (facteur d'instabilité fréquemment retrouvé) avec une hyper mobilité sagittale entraîne un relèvement du premier rayon avec défaut d'appui sous la première tête métatarsienne. La charge se déplace donc sous la 2<sup>ème</sup> tête métatarsienne et cet hyper-appui est accentué par la griffe du deuxième orteil. Ceci explique la fréquence des métatarsalgies latérales par transfert de charge. (8)



**Figure 3 : griffe du deuxième orteil**

### 2.1.4 Doléances des patients

L'hallux valgus peut être responsable de gênes variables, allant du simple désagrément esthétique à l'impotence fonctionnelle.

Diverses échelles et scores sont utilisés pour étudier la répercussion de l'hallux valgus dans la population concernée :

- Cotation fonctionnelle objective : « *Mayo Clinic Forefoot Scoring System* ». Les paramètres sont la douleur, la limitation fonctionnelle, le problème de chaussage, les durillons, la déformation et la raideur. (9)
- Le « *Manchester Scale* » classe la sévérité de la déformation en se basant sur des clichés photographiques. On retrouve 4 niveaux d'hallux valgus : none, mild, moderate, severe. (10)
- Score de Kitaoka modifié. (11), (12)

En pratique clinique, les plaintes les plus souvent rencontrées sont :

- ✓ Douleur sur conflit avec le chaussage en regard de la saillie interne de la tête du premier métatarsien (bursite...) (fig.4 et 5).
- ✓ Douleur articulaire de localisation supéro-externe proche du premier espace inter métatarsien,
- ✓ Douleur au niveau de la deuxième articulation métatarso-phalangienne (en lien avec la subluxation évolutive),
- ✓ Cor douloureux à la face dorsale du deuxième orteil en griffe,
- ✓ Métatarsalgies latérales (le plus souvent sous la deuxième tête métatarsienne avec syndrome de surcharge du deuxième rayon) fréquemment accompagnées de durillons et cors plantaires,
- ✓ Douleur unguéale par conflit entre l'angle disto-latéral de l'ongle du premier orteil et le deuxième orteil,
- ✓ Douleur au niveau du cinquième orteil par compression dans la chaussure due à la déviation évolutive en coup de vent latéral de tous les orteils. (fig.6)



Figure 4 : Zone de conflit.



Figure 5 : Conflit avec le chaussage.



Figure 6 : Coup de vent latéral des orteils.

Toutes ces douleurs concourent à un périmètre de marche limité et peuvent nécessiter une adaptation du chaussage.

Les douleurs peuvent être décrites avec un caractère soit mécanique soit inflammatoire. En phase inflammatoire, les douleurs nocturnes apparaissent avec recrudescence vers 2h du matin, la douleur est permanente et persiste au repos, le périmètre de marche est très limité, la descente d'escalier est douloureuse et le chaussage reste peu supportable.

Pour pallier aux douleurs et gênes fonctionnelles, les patients présentant un hallux valgus adoptent alors des stratégies d'esquive d'appui sous la colonne médiale du pied.

### 2.1.5 Retentissement fonctionnel de l'hallux valgus

#### Marche et physiologie (3) (Annexe 1C)

La marche idéale se caractérise par l'utilisation de la meilleure stratégie musculaire pour le coût énergétique le plus faible. Toute perturbation se traduira par des phénomènes de compensation ou d'esquive à la douleur qui produiront une augmentation du coût énergétique.

La marche est le mode de locomotion humain. Cette activité complexe implique l'usage alternatif des deux membres inférieurs pendant laquelle au moins un des deux pieds doit être en contact avec le sol, permettant ainsi support et propulsion.

Un cycle de marche est l'intervalle de temps séparant les survenues successives de l'un des événements répétitifs de la locomotion soit la succession de deux phases principales : la phase portante et la phase oscillante.

Lors de la phase portante, la pression plantaire progresse du talon vers l'hallux, du latéral vers le médial. Après un parcours rapide dans le talon et le médio pied le centre de pression ralentit au niveau de l'avant pied et se dirige obliquement vers la première tête métatarsienne avant d'accélérer de nouveau sous l'hallux. L'avant pied porte trois fois plus la charge que l'arrière pied : on parle de phase portante terminale du troisième pivot englobant le « terminal stance » et le « pré-swing » des Anglo Saxons.

Le décollement du gros orteil marque la fin de la phase portante : c'est le quatrième pivot ou « advanced axis de Bosjen Moller ». A ce moment, pour une cadence normale, la flexion est de 5° dans la hanche, de 45° dans le genou, la cheville est à 27° de flexion plantaire et la

première articulation métatarsophalangienne est à 42° de flexion dorsale (l'angle final du décollage du gros orteil est donc de 42°).

Cette phase finale du pas est une phase d'élan, d'accélération, génératrice d'énergie (85% pour le pas suivant) impliquant le recrutement de la fonction stabilisatrice et propulsive de l'arche médiale et du premier rayon.

A ce moment final du pas, la charge à vaincre se dissipe tandis que la force propulsive est maximale. La puissance musculaire sert à l'accélération puis au maintien de l'allure. Ainsi cette possibilité d'accélération et de maintien d'une vitesse rapide reflètent le bon fonctionnement biomécanique du pied et de l'avant pied.

Cette belle séquence d'allongement de bras de levier propulsifs est compromise en cas d'hallux valgus. (13)

### Marche et hallux valgus

Dans la littérature, de nombreuses études sont réalisées sur le retentissement de la déformation du premier orteil en hallux valgus.

Les travaux antérieurs de Helbert S. sur les sujets porteurs d'hallux valgus mettent en évidence une modification du comportement de stabilisation en charge en statique avec un recul significatif du centre de pression (13). Snijders, lui, étudie les bras de levier dans le pied et met en avant une réduction de force du muscle long fléchisseur propre du gros orteil chez les patients ayant un hallux valgus (14).

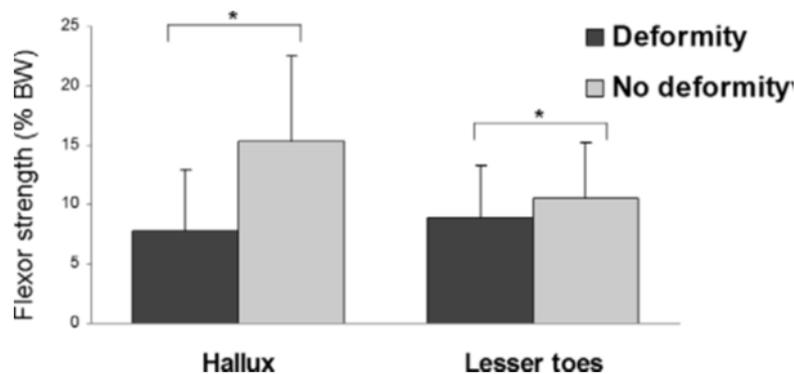
Les résultats des travaux de Helbert et Snijders ont été repris afin d'explorer les relations entre les modifications stabilométriques et la diminution de force du muscle long fléchisseur de l'hallux chez les patients porteurs d'hallux valgus. Le déficit de force musculaire est mis en évidence à travers un examen clinique et un examen stabilométrique. Pour l'examen clinique, le patient est pieds nus posés à plat sur le sol, le clinicien glisse son index entre le sol et la pulpe de la deuxième phalange de l'hallux. La consigne est d'écraser de toutes ses forces cet index avec son orteil, la force du muscle long fléchisseur propre de l'hallux est alors appréciée subjectivement. (Selon les travaux antérieurs de Gumina et Postacchini en 1992, un clinicien entraîné peut évaluer la force de l'hallux aussi précisément qu'un dynamomètre à 100 grammes près. (15))

La force des fléchisseurs du premier rayon est objectivée dans d'autres études avec le *Paper Grip Test (PGT)* ou *Test de préhension du papier* (16) (fig.7), méthode simple et non invasive. La spécificité de ce test est de 95,5% ce qui est considéré comme satisfaisant parmi les tests physiques de diagnostic. (16)



Figure 7 : Paper Grip Test

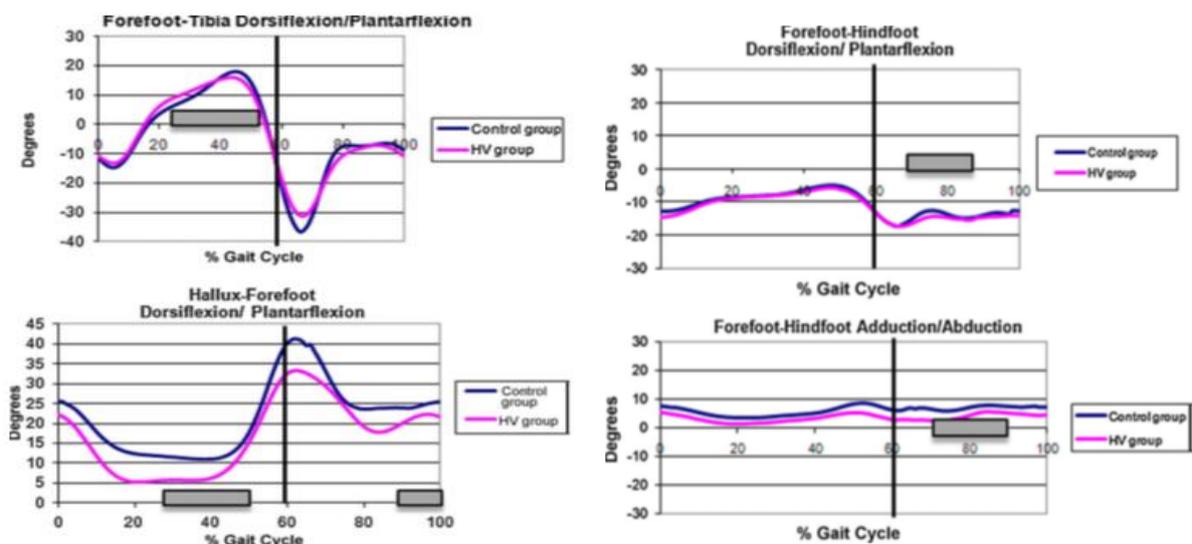
Ce test, utilisé et décrit dans plusieurs articles met également en évidence un déficit de force musculaire des fléchisseurs du premier rayon chez les patients présentant un hallux valgus. (10), (17) . (fig.8)



Flexor strength of the hallux and lesser toes for older people with or without hallux valgus or deformity of the lesser toes (\* indicates a significant difference between individuals with the toe deformity compared to those without at  $P < 0.01$ ). (11)

**Figure 8 : Graphique comparatif de la force musculaire en flexion plantaire entre des hallux non déformés et des hallux déformés en valgus. Idem pour les autres orteils.**

Deschamps K. étudie en 2010 l'impact de l'hallux valgus dans la cinématique du pied. La cinématique de l'hallux dans le plan sagittal est altérée lors de la déformation du premier rayon. Une modification des amplitudes articulaires est démontrée avec une différence significative de la flexion plantaire durant le « terminal stance » (fig.9) (18). En 2012, S.E. Nix effectue une étude transversale sur la douleur et les limitations fonctionnelles sur des patients en bonne santé ayant un hallux valgus et il présente les mêmes conclusions. (19)



Graph A: Average forefoot–tibia dorsiflexion/plantar flexion during complete gait cycle (control vs. HV group). (+) Dorsiflexion/plantar flexion, solid black vertical line denotes toe-off. Graph B: Average hallux–forefoot dorsiflexion/plantar flexion during complete gait cycle (control vs. HV group). (+) Dorsiflexion/plantar flexion, solid black vertical line denotes toe-off. Grey rectangle denotes phase of gait cycle with significantly different relative motion ( $p < 0.01$ ).

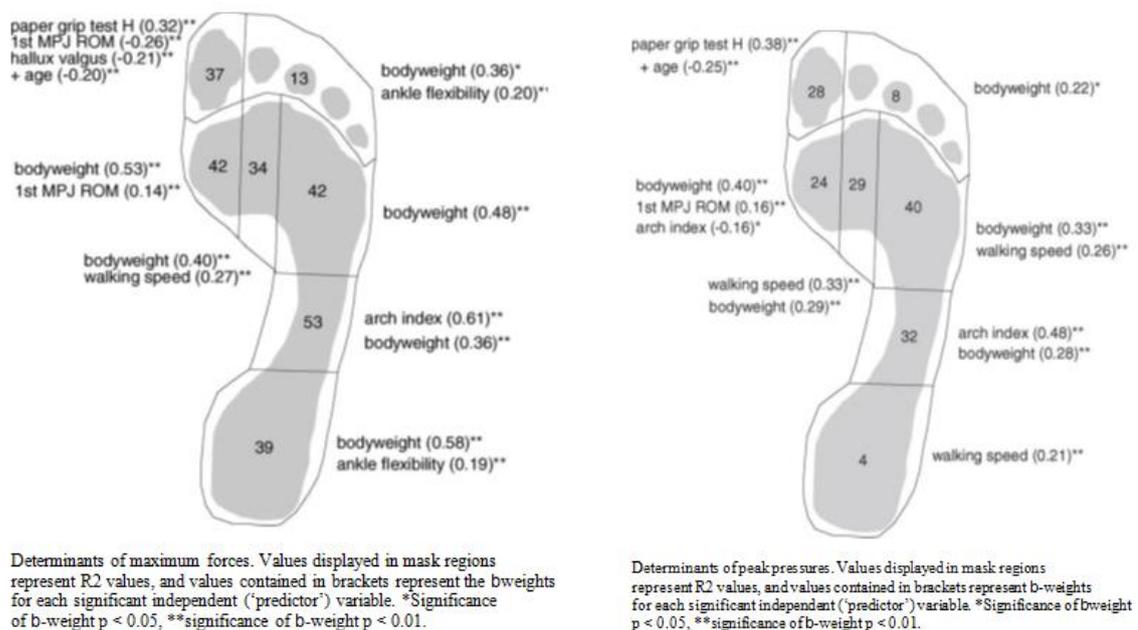
Graph A: Average forefoot–hind foot dorsiflexion/plantar flexion during complete gait cycle (control vs. HV group). (+) Dorsiflexion/plantar flexion, solid black vertical line denotes toe-off. Graph B: Average forefoot–hind foot adduction/abduction during complete gait cycle (control vs. HV group). (+) Adduction/abduction, solid black vertical line denotes toe-off. Grey rectangle denotes phase of gait cycle with significantly different relative motion ( $p < 0.01$ ).

**Figure 9 : Graphiques comparant les différentes amplitudes des articulations du pied entre des patients sains et des patients ayant un hallux valgus.**

Les travaux podométriques de D. Côme montrent une corrélation entre l'hallux valgus et l'insuffisance fonctionnelle de M1 (20). L'insuffisance fonctionnelle du premier rayon se définit comme ... « *une incapacité totale ou partielle à résister à la charge qui lui est transmise et/ou à remplir parfaitement son rôle de stabilisation et de propulsion.* » (21)

Il met en évidence une insuffisance d'appui du premier rayon dans 89 cas sur 90 en statique (98,9%) et dans 80 cas sur 90 en dynamique (88,9%). Il n'est cependant pas possible aujourd'hui de corréler l'importance de la déformation avec l'importance de l'hypo-appui.

Hylton B. Menz étudie les forces et les pressions plantaires s'exerçant durant la marche chez les personnes âgées. Il constate une diminution de la pression exercée par l'hallux et une diminution de l'efficacité de la propulsion chez les personnes âgées présentant un hallux valgus. (17) (fig.10)



**Figure 10 : Représentation des forces et pressions plantaires au niveau des différentes zones du pied sur sujets sains et sujets porteurs d'hallux valgus selon les travaux de Hylton B. Menz.**

La revue de littérature menée par Nix S.E., Vicenzino B.T, Collins N.J. et Smith M.D. en 2013 sur les paramètres de marche et l'hallux valgus montre une corrélation entre les articles sur la diminution des mouvements de la cheville et de l'arrière pied lors de la déambulation et une altération de la phase terminale du pas ou « terminal stance », plus courte, avec modification de l'activité des muscles intrinsèques du pied. (1)

Les personnes âgées ayant un hallux valgus bilatéral présentent une diminution de leur équilibre. (22)

Une étude clinique en 2009 sur 312 pieds d'hommes et de femmes âgés entre 60 et 90 ans met en évidence l'augmentation du risque de chute chez les personnes âgées présentant un hallux valgus avec diminution de la force des orteils et de l'hallux, instabilité à la marche, diminution de la vitesse de marche et de la longueur du pas. (10)

**Ces différentes données issues de la littérature permettent de mettre l'hallux valgus en lien avec :**

- **des douleurs podales,**
- **une incapacité fonctionnelle avec une instabilité, une diminution de la flexion plantaire de l'hallux et une diminution de la force musculaire des fléchisseurs du premier rayon,**
- **un schéma de marche altéré avec diminution des mouvements de la cheville, diminution voire abolition de la propulsion, diminution de la longueur du pas et diminution de la vitesse de marche,**
- **un manque d'équilibre et une augmentation du risque de chute chez la personne âgée.**

## **2.2 Hallux valgus et chirurgie**

### **2.2.1 Prise en charge multimodale de l'hallux valgus**

Devant tout hallux valgus symptomatologique, il convient d'en rechercher l'étiologie.

En première intention, il est proposé au patient un traitement médical symptomatologique et étiologique. (Annexe 1D)

Le premier des traitements est l'adaptation du chaussage. (23) (Annexe 1D)

Il est possible d'y associer des orthèses plantaires, des orthoplasties, des attelles nocturnes, des attelles de redressement passif, des soins de pédicurie, des soins infirmiers, et des séances de kinésithérapie. Peuvent être proposées une rééducation **préventive** portant sur l'équilibration du système musculaire médial et latéral du premier rayon afin de limiter la déviation ou une rééducation **curative** avec lutte contre les facteurs d'instabilité et correction du déroulé du pied lors de la marche.

Ces différents traitements peuvent s'accompagner d'un traitement pharmacologique (antalgique, anti-inflammatoire).

En cas d'échec des traitements médicaux et paramédicaux avec persistance de la douleur, aggravation de la déformation et gêne importante dans les activités de la vie courante, le traitement chirurgical est indiqué et proposé. L'indication opératoire est retenue devant la réalité de la gêne fonctionnelle, pas toujours corrélée à l'importance des déformations. La douleur peut être, soit la conséquence directe de la déformation du premier rayon, soit indirecte sur le reste de l'avant pied (syndrome du deuxième rayon, métatarsalgie...) (24).

L'indication opératoire est écartée si la demande est purement esthétique.

Depuis une vingtaine d'année, la correction chirurgicale des déformations de l'avant pied connaît une grande évolution. Les avancées technologiques ont permis l'émergence de nouvelles techniques, toutes, ayant l'objectif commun de corriger les anomalies dans les trois plans de l'espace afin de restaurer une architecture la plus proche possible d'un pied sain.

### **2.2.2 Différentes chirurgies possibles**

Il existe aujourd'hui une centaine de techniques chirurgicales visant à corriger les déformations du premier rayon.

Nous nous attarderons sur les trois procédures actuelles décrites et discutées lors du symposium de l'Association Française du Pied et reprises dans une revue de littérature menée par T. Leemrijse, B.Valtin et J-L Besse en 2008 (25).

La chirurgie de l'hallux valgus peut s'envisager sous trois concepts : la chirurgie dite « conventionnelle », la « mini-invasive » et la « percutané ».

La chirurgie conventionnelle est la plus ancienne et se rapporte à toute procédure chirurgicale avec des gestes sur les tissus mous ou des ostéotomies réalisées uniquement sous le contrôle de la vue. Récemment, les techniques mini invasives et percutanées se sont développées afin de réduire « l'agression » chirurgicale, d'améliorer les suites opératoires et permettre une reprise plus rapide des activités. (25)

Ces trois techniques sont aujourd'hui pratiquées et reconnues. La chirurgie conventionnelle mise au point depuis longtemps a pour avantage sa fiabilité, sa reproductibilité et son adaptabilité. La chirurgie mini-invasive couvre toutes les indications, elle est avantageuse par la réduction de sa voie d'abord, un œdème post-opératoire moindre et un arrêt de travail plus court. La chirurgie percutanée a des indications limitées, elle nécessite l'apprentissage de matériel spécifique et sa philosophie est un traitement en ambulatoire et unilatéral. (25)

Une enquête auprès de patients porteurs d'un hallux valgus a été réalisée dans la salle d'attente de chirurgiens orthopédiques ainsi que dans un cabinet de pédicurie podologie de Nantes. Les patients interrogés attendent de l'intervention chirurgicale une diminution, voire une abolition de la douleur et une correction de la déformation. Ils veulent augmenter leur périmètre de marche, corriger leur boiterie et pouvoir, le plus rapidement possible après l'opération, se rechausser dans une chaussure moins large, reprendre la conduite et les activités de la vie quotidienne (professionnelle et sportive).

La chirurgie mini-invasive est mise en avant comme une avancée dans la chirurgie de l'avant-pied car elle est moins agressive, les suites opératoires sont meilleures et la récupération est

plus rapide (œdème moindre, reprise immédiate de l'appui, traitement ambulatoire autorisé, arrêt de travail plus court). (25)

L'ostéotomie en mini-chevron est la chirurgie mini-invasive utilisée dans 80% des hallux valgus vus en consultation spécialisée. Cette ostéotomie permet une rééducation précoce car elle est extrêmement stable. (26)

### 2.2.3 Chirurgie mini-invasive : le « mini-chevron »

*« La technique mini-invasive se situe entre le classicisme d'une chirurgie conventionnelle dont elle conserve les principes et la modernité d'un mini abord, dans une recherche de réduction de la morbidité, d'allègement des suites opératoires et d'esthétique. » (25)*

#### Historique de la chirurgie mini invasive

Dans sa rubrique nécrologique de 2001 le *New York Times* a consacré le Dr. Morton Meyer Polokoff (1908-2001) comme étant un pionnier de la chirurgie du pied et « The father of minimal incision surgery ». Il a été le premier américain dans les années 50 à avoir l'idée d'une chirurgie sous-dermique avec la mise au point d'instruments miniaturisés (râpes, ciseaux, lancet...) afin de réaliser des gestes sur l'hallux valgus. (27)

Cette chirurgie poursuit son développement dans les années 60 avec le Dr. BS. Weinstock qui utilise des fraises sur moteur électrique puis dans les années 80 avec le Dr. S. Isham qui travaille sur l'amélioration de la technique opératoire avec ostéotomie. (27)

La chirurgie mini-invasive est arrivée en Europe par l'Allemagne (Dr. R. Bosch) et l'Espagne (Dr. De Prado et Pr. Pau Golano) dans les années 90. (27)

Il a fallu attendre 2002 pour voir cette technique opératoire arriver en France et se diffuser avec la création du GRECMIP (Groupe de Recherche en Chirurgie Mini-Invasive et Percutannée).

#### Prise en charge chirurgicale de l'hallux valgus par technique mini-invasive : (24)

##### Indications :

- Métatarsus varus inférieur à 16°
- Hallux valgus inférieur à 30°
- Congruence de la première articulation métatarso-phalangienne

##### Contre-indications :

- Artériopathie oblitérante des membres inférieurs
- Diabète mal équilibré
- Antécédent récent d'infection
- Arthropathie nerveuse ou neuropathie grave
- Spasticité

### Description de l'acte chirurgical (Annexe 1E)

Une technique mini-invasive : « le mini-chevron ». La description de cette technique est présentée en annexe 1E.

La chirurgie « mini-chevron » de l'hallux valgus, sauf cas exceptionnel, se fait sous anesthésie locorégionale par rachianesthésie. L'hospitalisation peut donc se faire en ambulatoire ou durer jusqu'à trois nuits, en fonction de l'état de santé du patient.



Figure 11 : Hallux valgus opéré.

Résultat d'un hallux valgus opéré par « mini chevron » (fig.11)

Des radiographies de pieds avant et après l'intervention chirurgicale sont illustrées en Annexe 2D.

### **2.2.4 Suites opératoires de la technique mini-invasive et rééducation**

Le suivi de 23 patients opérés d'un hallux valgus par une technique mini-invasive dans la région nantaise ainsi qu'une enquête téléphonique dans différents services de chirurgie orthopédique en France, complétés par des lectures bibliographiques permet la description post-opératoire suivante.

Le pied opéré est enveloppé dans un pansement (bande de contention élastique) au volume conséquent pendant trois semaines (fig.12). L'appui complet est autorisé avec un chaussage orthopédique spécifique (fig.13 et 14). Il permet une déambulation sans utiliser l'avant-pied. Le béquillage est inutile et non conseillé. La chaussure médicalisée doit être portée pendant les quatre semaines suivant l'intervention.



Figure 12 : Pansement post-opératoire. Figures 13 et 14 : Chaussage orthopédique post-opératoire.

Un suivi post-opératoire s'effectue systématiquement trois semaines après l'intervention chirurgicale avec un bilan radio-clinique. Une radiographie de contrôle est effectuée, le pansement est enlevé et les cicatrices sont contrôlées et nettoyées.

A ce stade, le pied du patient présente généralement une cicatrice en médial de la première tête métatarsienne de 0,8 à 1,2 cm, un œdème péri-capito-métatarsien plantaire et dorsal avec prédominance au niveau du premier espace inter-capito-métatarsien, une perte d'amplitude des articulations métatarso-phalangiennes et inter-phalangiennes. (fig.15)



Figure 15 : Cicatrice médiale.

Les fils sont résorbables et la vis est conservée (pas de deuxième intervention d'ablation du matériel sauf exception). Le chirurgien refait parfois un second pansement, cette contention est à garder encore une semaine avec la chaussure médicalisée.

Les suites opératoires sont tolérables sur le plan algique, elles sont cotées en moyenne à 1 sur 10 sur l'EVA au 3<sup>ème</sup> jour suivant l'opération (25). Les patients ont tout de même, à titre préventif, un traitement antalgique prescrit lors du retour à domicile.

L'arrêt de travail moyen est de 54,6 jours (25).

Une étude prospective de 30 patients opérés d'hallux valgus a été réalisée afin d'étudier la qualité de vie post chirurgicale. Le résultat clinique est apprécié par le Mayo Clinic Forefoot Scoring System sur 75 points et une classification fonctionnelle subjective (excellent, bon, moyen, mauvais). L'évaluation de la qualité de vie a été faite grâce à deux instruments de mesure : le profil de Duke et l'échelle de mesure de l'impact de la polyarthrite rhumatoïde (EMIR) courte. Les résultats montrent une amélioration dans le temps de la douleur, de la limitation fonctionnelle, des problèmes de chaussage, des durillons, de la déformation et de la raideur. En ce qui concerne l'aspect fonctionnel, 78 % des patients de l'étude ont jugé leur résultat satisfaisant. (9)

Plus récemment, une étude prospective continue de 80 interventions pour le traitement de l'hallux valgus a été réalisée. Elle met en avant que la complication la plus fréquemment rencontrée lors du traitement de l'hallux valgus par technique mini-invasive est la raideur de la première articulation métatarso-phalangienne. Celle-ci entraînant une difficulté à la marche avec supination. Le score fonctionnel d'avant pied de l'AOFAS est amélioré de 39%, 2 patientes sur 80 ont vu leur score régresser (28).

Cliniquement, la raideur touche principalement la première articulation métatarso-phalangienne, l'ostéotomie engendrant une perte de 15 à 20° de mobilité, notamment en flexion plantaire. La douleur est faible à modérée. On relève chez les patients une grande crainte à la remise en charge pieds nus et une boiterie importante lors de la marche, avec absence du déroulé du pas.

Diverses stratégies d'esquive d'appui sur l'avant-pied peuvent être observées : marche sur le talon, marche sur le bord externe du pied, avec plus ou moins d'absence de mobilité dans la talocrurale, diminution de la flexion du genou, voire diminution de la flexion de hanche. Toutes les articulations sus-jacentes au pied du membre inférieur opéré restent figées comparativement au côté sain et l'on observe ainsi un déséquilibre postural important.

La boiterie en post-opératoire et l'absence de propulsion peuvent s'expliquer par :

- la crainte,
- la douleur,
- la gêne cutanée de la cicatrice,

- l'œdème,
- une boiterie antalgique préopératoire mise en place et intégrée dans le schéma de marche (mauvaises habitudes résiduelles),
- la raideur de la première articulation métatarsophalangienne,
- une sidération musculaire post-chirurgicale,
- l'hypotonie des muscles fléchisseurs du premier rayon.

On ne retient pas les limitations articulaires dans les articulations sus-jacentes à l'hallux dans le membre inférieur car les amplitudes articulaires ont été testés bilatéralement et comparativement en préopératoire.

Ces différents critères invitent à se pencher sur la nécessité d'une prise en charge rééducative post chirurgicale de l'hallux valgus.

*Existe-t-il aujourd'hui un traitement masso kinésithérapique conventionnel pour l'hallux valgus opéré ?*

Une enquête téléphonique auprès de masseurs kinésithérapeutes libéraux couplée à une recherche bibliographique est effectuée. Aujourd'hui, il n'existe pas de protocole de rééducation spécifique à cette pathologie opérée. La rééducation pouvant être effectuée répond à deux principaux objectifs (lutte contre l'œdème et récupération des amplitudes articulaires) mais elle est non systématique. Des conseils et des exercices d'auto-rééducation peuvent être donnés au patient par le chirurgien ou par le médecin (Recommandations post opératoires-Annexe 1F).

Une fois l'objectif chirurgical atteint, soit, la correction des déformations dans les différents plans de l'espace afin de restaurer une architecture permettant d'obtenir un pied confortable et fonctionnel (gros orteil axé avec morphotype d'avant-pied équilibré), le deuxième objectif est de réintégrer le patient dans des conditions fonctionnelles de marche les plus physiologiques possibles. On souhaite obtenir un déroulé du pas associant trois phases : taligrade/plantigrade/digitigrade (Annexe 1C) avec le plus petit déploiement d'énergie potentielle possible. L'avant-pied doit pouvoir amortir, diriger et propulser la charge et pallier ainsi à toutes situations de contraintes mécaniques.

Pour restaurer ce déroulement du pied en trois phases dans le schéma de marche avec une propulsion efficace, plusieurs objectifs seraient à atteindre lors de la prise en charge masso-kinésithérapique :

- Lutter contre la douleur,
- Lutter contre l'œdème et les adhérences,
- Récupérer les amplitudes des articulations métatarso-phalangiennes et interphalangienne de l'hallux comparativement au côté controlatéral non-opéré,
- Renforcer les fléchisseurs du premier rayon,

- Réintégrer le schéma de marche en trois phases avec insistance sur la propulsion, soit redonner au premier orteil une bonne impulsion pulpaire active au sol,
- Correction des boiteries.

Les délais (cicatrisation, phases passive/active) mentionnés par le chirurgien orthopédique sont respectés.

Au long de cette rééducation sont apportés au patient des conseils d'hygiène, d'hydratation cutanée, de surélévation du pied, de chaussage ainsi que d'autres conseils pour prévenir les éventuelles complications possibles après une intervention chirurgicale (Annexe 1F).

### **2.3 Naissance d'une problématique et d'un protocole de rééducation**

*« ...le premier rayon, ou pilier antéro-interne, ou arche interne, ou colonne interne joue indéniablement un rôle majeur de maintien, de stabilisation et de propulsion du pied et donc du corps entier. » (21)*

Comme il a été vu précédemment :

- Les muscles intrinsèques et extrinsèques contribuent à l'architecture longitudinale et transversale du pied et facilitent la distribution des contraintes mécaniques en particulier pendant la marche.
- L'hallux valgus est une déformation du premier rayon de plus en plus courante et prise en charge chirurgicalement avec l'essor des nouvelles techniques mini-invasives.
- Cette déformation est imputable à l'action des fléchisseurs plantaire du premier orteil assurant l'impulsion pulpaire au sol. Les fléchisseurs perdent leur force et n'assurent plus leur fonction de propulsion.
- La correction chirurgicale mini-invasive mini-chevron ré-axe le premier rayon permettant aux différents muscles de retrouver leur course et leur fonction première.

Au-delà de ces versus chirurgicaux, il a aussi été exposé que le masseur-kinésithérapeute pouvait avoir une incidence sur une évolution favorable dans la prise en charge de ce type de chirurgie.

Se pose alors la question de tester un protocole de rééducation post-chirurgical avec renforcement musculaire des fléchisseurs du premier rayon, pour en voir l'effet sur la dynamique du pas à court et à long termes.

**Est-ce que le renforcement musculaire des fléchisseurs du premier rayon, intégré aux séances de rééducation des patients présentant un hallux valgus non-congénital réduit chirurgicalement par une intervention mini-chevron, améliore la force d'appui du premier rayon en dynamique ?**

Critère de jugement principal : amélioration de la force d'appui du premier orteil lors du « terminal stance ».

**P** : Patient / Problème de santé = *Patient présentant un hallux valgus non congénital*

**I** : Intervention évaluée pour son efficacité = *Renforcement musculaire des muscles fléchisseurs du premier orteil*

**C** : Traitement de Comparaison = *Groupe Témoin*

**O** : Outcome = *Amélioration de la force d'appui exercée par le 1<sup>er</sup> rayon lors du terminal stance / Amélioration de la propulsion dans le schéma de marche*

### Hypothèses

$H_0$  : Le nouveau traitement n'apporte rien par rapport au traitement masso-kinésithérapique conventionnel

$H_1$  : Le nouveau traitement améliore la force d'appui de l'hallux en dynamique. Le groupe expérimental a des résultats supérieurs au groupe témoin sur ce paramètre.

(= hypothèse alternative unilatérale)

## **3 Présentation de l'étude**

### **3.1 Introduction de l'étude**

Il existe une insuffisance fonctionnelle du premier rayon chez les patients présentant un hallux valgus.

J'ai effectué une étude préliminaire durant 6 mois sur des patients présentant un hallux valgus douloureux non-congénital réduit chirurgicalement par une intervention mini-invasive mini-chevron. Neuf séances de rééducation post-chirurgie sont prescrites. J'ai incluse à ces séances, un protocole de renforcement musculaire des fléchisseurs du premier rayon. A l'aide d'une plate-forme baropodométrique, des données sont relevées avant l'opération puis à un mois, deux mois et trois mois post-opératoires dans un groupe témoin et dans un groupe expérimental.

Le paramètre étudié est la force d'appui exercée par l'hallux en dynamique lors de la phase terminale du pas.

Je veux savoir si le nouveau traitement associant le renforcement musculaire des fléchisseurs plantaire du premier rayon apporte une modification de ce paramètre, entre un groupe témoin et un groupe expérimental, échantillons représentatifs de la population actuelle.

### **3.2 Matériel et méthodes**

L'étude se déroule au sein du service de chirurgie orthopédique d'une polyclinique de juillet 2013 à janvier 2014.

### 3.2.1 Population étudiée

Des patients ont pris un rendez-vous courant 2013 dans cette Polyclinique pour avis chirurgical sur un hallux valgus douloureux.

Une sélection de ces patients pour intégrer l'étude est alors effectuée selon les critères suivants :

Critères d'inclusion :

- Patient présentant un hallux valgus douloureux,
- Patient présentant un hallux valgus avec une indication chirurgicale mini-invasive,
- Patient domicilié dans la région nantaise.

Critères de non-inclusion :

- Patient présentant un hallux valgus congénital,
- Hallux valgus opérés bilatéralement simultanément,
- Chirurgie d'hallux valgus n'étant pas de première intention,
- Patient n'ayant pas souhaité intégrer l'étude/ pas de consentement signé.

Critères d'exclusion :

- Absentéisme du patient aux dates convenues (pour les tests et/ou pour les séances de rééducation) malgré un contact téléphonique préalable de confirmation,
- Complications secondaires : algoneurodystrophie, phlébite, infection, pseudarthrose.

Les patients répondant aux critères de l'étude sont alors informés avant leur opération de leur possibilité de bénéficier d'une prise en charge rééducative post-chirurgicale spécifique. Courrier remis aux patients (Annexe 2A).

Il leur est expliqué précisément les modalités et le déroulement de la rééducation ainsi que les tests qui seront effectués en quatre temps pour évaluer le protocole. Il leur est précisé qu'ils sont tout à fait libres d'effectuer leur rééducation avec un autre masseur-kinésithérapeute libéral de leur choix et qu'ils peuvent à tout moment se retirer librement de l'étude.

Un temps de réflexion est donné aux patients souhaitant participer à l'étude.

Puis les patients volontaires signent un consentement éclairé. (Annexe 2B)

Sur la période de juillet et août 2013, 18 patients ont été retenus pour l'étude et répartis en deux groupes de manière aléatoire (fig.16) :

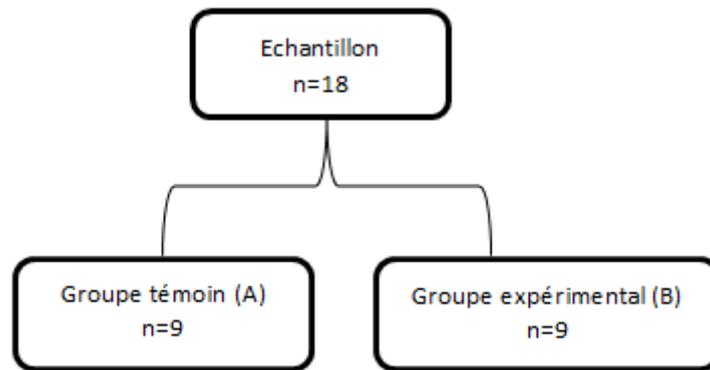
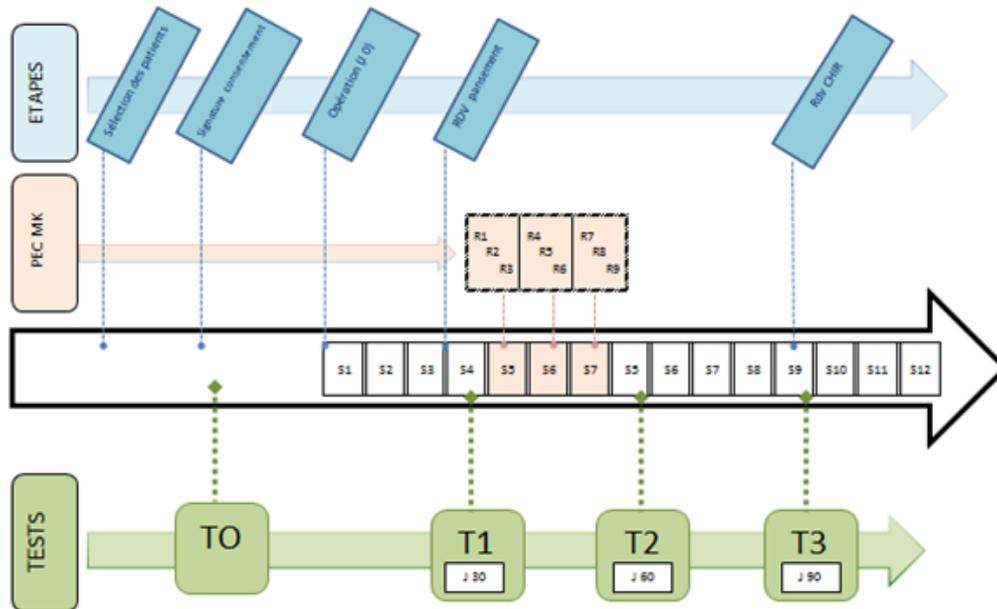


Figure 16 : Population étudiée.

### 3.2.2 Protocole de l'étude

L'étude s'est déroulée entre le 01/07/2013 et le 15/01/2014.

La chronologie de la prise en charge des patients des deux groupes est présentée dans la figure ci-après (fig.17) (Annexe 3) :



CHRONOLOGIE DE L'ETUDE - HALLUX VALGUS - 2013/2014

Figure 17 : Chronologie de l'étude.

Pour cette étude, il est nécessaire de distinguer trois temps avec les patients :

- la prise de contact avec les patients intégrant l'étude (bleu dans la figure ci-dessus).
- la prise en charge rééducative (rose dans la figure ci-dessus).
- les prises de mesures/tests réalisés en quatre temps (vert dans la figure ci-dessus).

### 3.2.2.1 Premier temps avec les patients intégrant l'étude

---

Le premier contact avec les patients se compose d'une explication précise sur le déroulement de l'étude avec les modalités de réalisation de la rééducation et des tests.

- Signature du consentement (Annexe 2B)
- Réalisation du bilan initial, renseignement des rubriques administrative et clinique dans la « fiche patient » (Annexe 2C)

Avant l'opération trois données sont recueillies et inscrites sur la « fiche patient » (Annexe 2C) :

- l'intensité de la douleur à l'aide d'une EVA (Echelle visuelle Analogique) : le patient doit placer le curseur à l'endroit où il situe sa douleur. Cette échelle est utilisée en pré-opératoire et par la suite à chaque séance de rééducation.
- l'importance de l'œdème avec une périmétrie réalisée à l'aide d'un mètre ruban.
- la mobilité de la métatarso-phalangienne du premier rayon avec un goniomètre.

Cette « fiche patient » servira de fil conducteur pour le suivi rééducatif (Annexe 4D).

### 3.2.2.2 Temps de prise en charge masso-kinésithérapique

---

Chaque patient opéré dispose d'une prescription de 9 séances de rééducation que j'ai réparties en 3 semaines à raison de 3 séances par semaine.

La prise en charge rééducative du patient débute à 1 mois post-opératoire.

Les séances sont effectuées au cabinet de Masso-Kinésithérapie au sein de la polyclinique ou au domicile des patients.

**La rééducation se décline en trois temps détaillés dans le tableau joint en Annexe 4A :**

- Massage,
- Mobilisation,
- *Renforcement musculaire (groupe B seulement),*
- Marche.

Les séances de rééducation du groupe témoin (groupe A) durent 30 minutes.

Le groupe expérimental (groupe B) a, en plus du groupe témoin, à chaque séance de rééducation, un temps de renforcement musculaire des fléchisseurs plantaires du premier rayon. Les séances de rééducation du groupe B durent 40 minutes. (fig. 18)



**Figure 18 : Répartition des différentes phases de la rééducation pour les deux groupes.**

Lors de la première semaine de rééducation le temps de massage est prédominant, l'objectif principal étant le drainage de l'œdème post opératoire.

Lors de la deuxième semaine de rééducation le temps de mobilisation prédomine, l'objectif majeur est le gain d'amplitude articulaire.

Lors de la troisième semaine le temps en charge prédomine avec comme objectif final une propulsion efficace lors de la marche.

Une frise récapitulative avec quelques photographies des différentes phases de la rééducation est proposée en Annexe 4B.

#### Renforcement musculaire des fléchisseurs du premier rayon (groupe B seulement)

Je me suis inspirée de l'article princeps du protocole de Delorme et Watkins pour le renforcement musculaire (29).

Ce protocole utilise la RM (Résistance Maximale) or, la physiologie de l'hallux est l'appui au sol pour la propulsion, nous utiliserons donc un exercice de pression avec l'hallux soit **l'écrasement de mousses** et non pas des exercices de traction de poids avec le premier orteil.

Protocole :

- 3 séries de 10 mouvements avec la mousse 1 (M1)
- 3 séries de 10 mouvements avec la mousse 2 (M2)
- 3 séries de 10 mouvements avec la mousse 3 (M3)

1 mouvement se décompose en 1 seconde de contraction dynamique concentrique (écrasement de la mousse), 1 seconde de contraction statique et 1 seconde de contraction dynamique excentrique. Avec 3 secondes de repos entre chaque mouvement et 1 minute de repos entre chaque série de 10 mouvements.

La première série de 10 mouvements avec M1 est une série d'échauffement.

Les mousses M1, M2 et M3 sont de dureté croissante.

Une **étude préliminaire** est réalisée afin de déterminer la dureté et l'épaisseur des mousses pour la rééducation (**Annexe 4C**).

La mousse M1 nécessite une force d'appui de 80N (Newton) par l'hallux pour être écrasée.

La mousse M2 nécessite une force d'appui de 90N et la mousse M3 de 100N.

Un plateau est réalisé afin d'avoir des conditions identiques de placement et de réalisation du protocole (fig.19)



Figure 19 : Plateau de positionnement.

### Suivi des patients

A chaque séance de rééducation des mesures sont effectuées (EVA, périmétrie, goniométrie) et reportées dans un tableau (verso de chaque « fiche patient ») (Annexes 2C et 4D).

#### 3.2.2.3 Temps de prise de mesures/ tests

---

Afin d'étudier l'évolution de la force d'appui de l'hallux lors du terminal stance et de rejeter ou valider les hypothèses initiales, des prises de mesures sont réalisées à l'aide d'une plateforme de baropodométrie.

Le paramètre étudié est **la force d'appui au sol de l'hallux en dynamique**.

Ces mesures sont prises en quatre temps distincts :

- T0 : réalisé en pré-opératoire, la veille ou quelques heures avant l'opération.
- T1 : réalisé un mois après l'opération.
- T2 : réalisé deux mois après l'opération soit un mois après le début de la rééducation.
- T3 : réalisé trois mois après l'opération.

### Condition de réalisation du test

Tous les tests sont réalisés dans des conditions identiques.

**Matériel /Environnement :**

Pièce calme à température ambiante, éclairage naturel, aucune perturbation visuelle ou auditive.

Une plate-forme est placée au sol au milieu d'un couloir de 10m délimité par des plots (fig.20).

La plate-forme est connectée à un ordinateur contenant le logiciel « Presscam » posé sur une table.



Figure 20 : Plate-forme de baropodométrie.

**Installation du patient**

- Patient pieds nus.
- Tenue vestimentaire souple ne gênant pas la déambulation.
- Poches vides (Le poids d'objet éventuel pourrait altérer la marche et la prise de mesure basée sur la capture de pression plantaire).

**Consigne**

« Vous allez marcher le plus naturellement possible d'un plot à l'autre. Vous faites des allers retours en passant sur la plate-forme »... « Dans un premier temps il faut que ce soit le pied gauche qui passe sur la plate-forme » ...« top allez-y ! »... « Faites une pause »... « Maintenant c'est le pied droit qui doit passer sur la plate-forme, top allez-y ! »... « C'est bon merci ».

**Durée de la prise de mesure**

Il y a un premier temps d'adaptation à la plate-forme avec correction éventuelle de la réalisation du test.

Le patient effectue 10 allers-retours pour le pied gauche et 10 allers-retours pour le pied droit (fig.21). La durée de la prise de mesure varie selon le rythme de marche de chaque patient.

**Nombre de mesures effectuées**

10 mesures pour le pied droit et 10 mesures pour le pied gauche.

**Mesure retenue**

Moyenne des mesures.

La mesure se présente sous forme d'une vidéo des pressions plantaires lors du déroulé du pied et de graphiques associés (fig.22).



Figure 21 : Enregistrement des mesures.

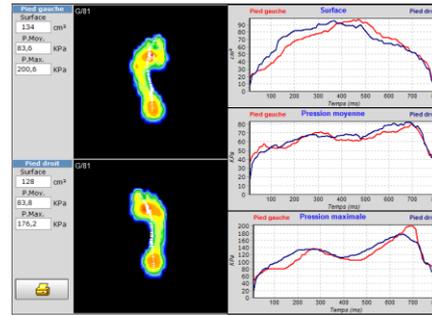


Figure 22 : Visualisation des enregistrements obtenus.

### 3.2.3 Matériel utilisé

Une plate-forme baropodométrique **Presscam V4** et son logiciel **Presscam** (fig.23).

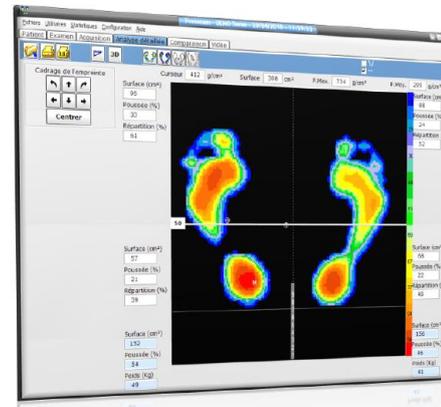


Figure 23 : Plate-forme baropodométrique Presscam V4 et logiciel Presscam

#### Evaluation de la HAS (30)

Selon la Haute Autorité de Santé, le service attendu est considéré suffisant dans l'évaluation de l'efficacité des traitements et/ou programmes de rééducation.

*Libellé transmis pour évaluation : Analyse de la posture verticale statique et/ou dynamique sur plate-forme de force.*

*Classement CCAM : 03-01-01-06*

*Date de l'avis : 13/06/2007*

*Code : CEQP005*

### 3.2.4 Analyse statistique

Le paramètre étudié est la force d'appui de l'hallux en dynamique.

On étudie ce paramètre aux quatre temps T0, T1, T2 et T3 au sein du groupe témoin et du groupe expérimental.

Puis on compare ce paramètre entre les 2 groupes, à chaque temps.

La normalité de la distribution des paramètres a été effectuée avec le test de Shapiro-Wilk. Le test t de Student a été utilisé pour la comparaison des moyennes, le test de Wilcoxon-Mann-Whitney si la distribution n'était pas normale, et le test de Kruskal-Wallis pour les comparaisons de moyennes multiples.

Le seuil de significativité retenu est  $p < 0.05$ .

Les logiciels SigmaPlot 11.0 et le tableur Excel<sup>®</sup> ont été utilisés pour l'exploitation des données, et GraphPad pour la randomisation des 2 groupes. Ce sont des logiciels validés.

### 3.3 Résultats et analyse des résultats

#### Caractéristiques des patients (Annexe 5A)

Sexe ratio :

18 patients ont intégré l'étude dont 17 femmes. La population touchée et opérée est majoritairement féminine (2), ceci peut expliquer qu'un seul homme n'ait répondu aux critères de l'étude durant cette période.

Deux patients ont été exclus au cours de l'étude.

- Le patient de sexe masculin ne s'est pas présenté aux séances de rééducation aux dates prévues pour des raisons familiales.
- Une patiente a fait une phlébite, un mois après l'intervention.

L'étude est par conséquent effectuée sur 16 patientes.

Les caractéristiques des patients sont regroupées dans le tableau I ci-après :

**Tableau I : Résultats exprimés en moyenne, écart-type et % (NS =Non Significatif)**

	Groupe entier (n=16)	Groupe expérimental (n=8)	Groupe Témoin (n=8)	p
Age (ans)	57.5 ± 10.6	57.5 ± 12.3	57.5 ± 9.5	NS
Taille (cm)	1.63 ± 0.07	1.63 ± 0.08	1.63 ± 0.05	NS
Poids (Kg)	61.9 ± 9.5	63.3 ± 4.7	60.6 ± 12.6	NS
Latéralité (main) (%)				
Dt	81	87.5	75	NS
G	19	12.5	25	NS
Hallux Valgus (%)				
Dt	62.5	62.5	62.5	NS
G	37.5	37.5	37.5	NS

Résultats statistiques (Annexe 5B)

- a) Comparaison de la force d'appui de l'hallux en dynamique entre les deux groupes (Tableau II).

	<b>Comparaison Groupe témoin/Groupe expérimental</b>
T0	p=0,92
T2	p=0,608
T3	p=0,093

**Tableau II : Comparaison de la force d'appui de l'hallux.**

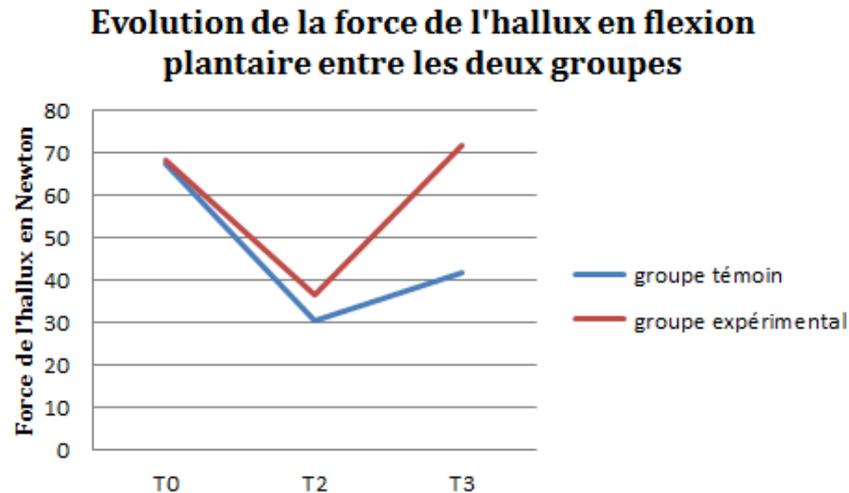
Nous ne retenons pas les mesures à T1 pour l'analyse statistique car ces mesures sont toutes nulles pour les deux groupes (F=0 avec F, la force d'appui).

- b) Comparaison de la force d'appui de l'hallux en dynamique entre T0/T2/T3 puis T0/T2 et T0/T3 pour le groupe témoin et pour le groupe expérimental (Tableau III).

	<b>Groupe témoin</b>	<b>Groupe expérimental</b>
T0/T2/T3	p=0,0398	p=0,0119
T0/T2	p<0,05	p<0,05
T0/T3	p>0,05	p>0,05
T2/T3	p>0,05	p<0,05

**Tableau III : Comparaison de la force d'appui de l'hallux en dynamique.**

La moyenne de la force de l'hallux en flexion plantaire pour le groupe témoin passe de 30,46N à T2 à 41,69N à T3. Pour le groupe expérimental elle passe de 36,44N à T2 à 71,92N à T3. On constate une différence d'évolution significative dans les mesures en T2 et T3 entre le groupe témoin et le groupe expérimental. Le graphique ci-après présente l'évolution de la force de l'hallux en flexion plantaire entre les deux groupes (fig.24).



**Figure 24:** Graphique représentant l'évolution de la force d'appui de l'hallux (en Newton) à T0=avant l'opération, T2=deux mois après l'opération et T3=trois mois après l'opération, pour les patients du groupe témoin et du groupe expérimental.

On observe pour les deux groupes, une perte de force des fléchisseurs de l'hallux après l'intervention chirurgicale. Cliniquement, les patients esquivent l'appui sous leur hallux lors de la marche après l'opération (force=0N à T1). Tous les patients débutent leur rééducation un mois après l'opération. Il s'en suit une récupération progressive de l'appui et une augmentation progressive de la force musculaire de l'hallux dans les deux groupes. Les patients du groupe expérimental ont eu un temps supplémentaire de renforcement musculaire des fléchisseurs du premier rayon lors de la rééducation. Le nouveau traitement semble améliorer la force d'appui de l'hallux en dynamique. Le groupe expérimental a des résultats supérieurs au groupe témoin sur ce paramètre à T3.

Subjectivement, les patients du groupe expérimental ont un déroulé du pied en trois phases (taligrade, plantigrade, digitigrade) lors de la marche comparativement au groupe témoin. Ils utilisent leur quatrième pivot lors de la propulsion.

### 3.4 Discussion

#### Comparaison à la littérature

Lors de l'étude préliminaire nous avons retenus une force musculaire moyenne des fléchisseurs plantaires du premier rayon de 90N chez un patient sain. (Annexe 4C)

Les patients de l'étude porteurs d'un hallux valgus ont une force moyenne de 67,5N.

Les patients qui présentent un hallux valgus ont un déficit de force des fléchisseurs du premier rayon avec une propulsion inefficace voire inexistante lors de la marche. Cette observation va dans le même sens que les données relevées dans la littérature (14), (18), (28).

Si l'on étudie l'évolution de la force musculaire des fléchisseurs de l'hallux avant l'opération et à trois mois post-opératoire, on observe que la force passe, en moyenne, de 67,5N à 57N. Il y a une perte de force musculaire significative après l'intervention chirurgicale. On retrouve la même constatation dans la littérature (31), (32). Saro C. explique le déficit de

pression sous l'hallux par une diminution de l'amplitude de flexion plantaire dans la première métatarso-phalangienne liée à l'ostéotomie.

Si l'on compare les résultats des deux groupes de l'étude, la force musculaire moyenne évolue de 67N à 42N pour le groupe témoin et de 68N à 72N pour le groupe expérimental. Comparativement, il y a une amélioration de la force après la rééducation comportant un temps de renforcement musculaire spécifique des fléchisseurs de l'hallux. Certains patients du groupe expérimental ont une force d'appui sous l'hallux supérieure à celle avant l'opération, on peut donc dire qu'il y a eu en plus d'une récupération, un gain de force. L'hypothèse de départ H1 est validée.

**Un temps supplémentaire de renforcement musculaire des fléchisseurs du premier rayon semble intéressant à intégrer à la rééducation de l'hallux valgus opéré par une intervention mini invasive mini chevron pour améliorer l'impulsion pulpaire active au sol.**

### Limites de l'étude

La contrainte de temps nous donne un faible échantillon pour cette étude.

On peut relever plusieurs biais :

- l'absence de patient de sexe masculin dans l'échantillon,
- un seul opérateur, la même personne effectue la rééducation et les tests,
- patients domiciliés uniquement dans la région nantaise.

Lors de la réalisation, la principale difficulté a été la gestion de l'œdème post-opératoire. Certains patients ont présenté un très faible œdème qui s'est rapidement résorbé alors que chez d'autres, un œdème important a persisté, gênant certains exercices lors de la rééducation.

Après analyse des données, les mesures prises à T1 sont-elles nécessaires ? (Annexe 5B)

### Perspectives

A la suite de ce travail, de nombreuses interrogations se posent à moi et pourraient être intéressantes à développer dans des travaux ultérieurs.

Il serait intéressant de poursuivre l'évaluation de cette proposition thérapeutique en réalisant d'autres tests à 6 mois post-opératoire, 12 mois et au-delà, afin d'étudier l'évolution de la force musculaire des fléchisseurs du premier rayon sur le long terme.

La poursuite d'une auto-rééducation (au-delà des 9 séances prescrites) avec quelques exercices hebdomadaires pour travailler les muscles fléchisseurs du premier rayon pourrait-elle permettre le maintien d'une propulsion efficace voir un gain de force supplémentaire ?

Une rééducation préventive avec renforcement musculaire des fléchisseurs et rééquilibration des groupes musculaires fléchisseurs/extenseurs de l'hallux pourrait-elle limiter ou éviter l'aggravation de cette déformation ?

Au-delà de son rôle propulsif la colonne interne du pied est également essentielle dans la fonction d'équilibration. Le renforcement musculaire unilatéral pourrait-il provoquer un déséquilibre postural? Il serait intéressant d'étudier ce paramètre.

Le déficit de force des muscles fléchisseurs du premier rayon est-il la cause ou la conséquence de cette déformation de l'avant pied ? En effet, le chaussage actuel (talon haut, chaussures à bout pointu, chaussures étroites, semelles rigides) ne permet pas un déroulé du pas en trois phases (taligrade, plantigrade, digitigrade) et limite la propulsion. L'hypoutilisation des muscles fléchisseurs du premier rayon pourrait-elle amorcer la déformation de l'hallux en valgus ?

#### **4 Conclusion du travail écrit**

La proposition thérapeutique évaluée confirme l'importance de la prise en charge masso-kinésithérapique des patients opérés d'un hallux valgus et suscite l'intérêt d'une prise en charge préventive et palliative. La douleur et la gêne fonctionnelle diminuant l'équilibre et limitant le périmètre de marche de la femme âgée, population cible de cette déformation de l'avant pied, sont responsables d'une baisse des activités de la vie quotidienne. Cette étude s'inscrit alors au cœur d'un enjeu sociétal visant à prolonger l'autonomie de la personne âgée.

Aujourd'hui, 14 des patients de l'étude sont satisfaits du résultat fonctionnel obtenu, deux patients conservent une raideur de la première articulation métatarso-phalangienne.

La rencontre de nombreux professionnels de santé lors de la réalisation de ce travail (médecins, chirurgiens orthopédiques, pédicures-podologues, masseurs kinésithérapeutes, infirmières) souligne la richesse de la pluridisciplinarité dans la prise en charge d'un patient.

Ce travail m'a permis d'apprécier l'importance du suivi des patients où rigueur et méthode sont les maîtres mots. Les données quantitatives et qualitatives relevées à chaque prise en charge se sont révélées être un véritable moteur pour la rééducation.

Cette étude a également fait l'objet d'un critère de jugement secondaire (Annexe 5C). L'évolution de la répartition des pressions plantaires en charge en statique a été étudiée avant et après la chirurgie mini-invasive de l'hallux valgus, à l'aide de la plateforme de baropodométrie. Son importance est telle qu'il reste plus pertinent qu'il fasse l'objet d'une seconde étude.

## Références

---

1. **Sheree, EN., et al., et al.** Gait parameters associated with hallux valgus: a systematic review. *Journal of foot and ankle research*. 2013.
2. **Sheree Nix, Michelle Smith, and Bill Vicenzino.** Prevalence of hallux valgus in the general population: a systematic review and meta-analysis. *Journal of foot and ankle research*. Bio Med Central, 09 2010.
3. **Maestro, M.** Biomécanique de l'avant-pied. *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT*. Elsevier, 2005, Vol. 2.
4. **Lengelé, B. et Leemrijse, T.** Anatomie chirurgicale de l'avant-pied. *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT*. Elsevier, 2005, Vol. 2.
5. **Uyen-Sa D.T. Nguyen, Howard J. Hillstrom, Wenjun Li, Alyssa B.Dufour, Douglas P Kiel, Elizabeth Procter-Gray, Margaret M. Gagnon, and Marian T. Hannan.** Factors Associated with Hallux Valgus in a population-Based Study of Older Women and Men: the MOBILIZE Boston Study. *Osteoarthritis Cartilage*. PMC, 01 2011, Vol. 18.
6. **Nix, S.E., et al., et al.** Characteristics of foot structure and footwear associated with hallux valgus: a systematic review. *Osteoarthritis and Cartilage*. OARSI Osteoarthritis Research Society International- Elsevier, 2012, Vol. 20, pp. 1059-1074.
7. **Valtin, B.** Hallux valgus-Généralités. *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT*. Elsevier, 2005, Vol. 2.
8. **Perera, AM., Mason, L. et Stephens, MM.** The Pathogenesis of Hallux Valgus. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2011, Vol. 93, 17.
9. **Cohen, P., et al., et al.** Qualité de vie après chirurgie de l'hallux valgus. Etude prospective à propos de 30 cas. *Méd Chir Pied*. Edition scientifiques et médicales Elsevier, 2000, Vol. 3, pp. 91-97.
10. **Mickle, K.J., et al., et al.** Toe weakness and deformity increase the risk of falls in older people. *ISB Clinical Biomechanics Award*. Elsevier, 08 2009, Vol. 24, pp. 787-791.
11. **Kitaoka, HB. et Patzer, GL.** *Analysis of clinical grading scales for the foot and ankle*. s.l. : Foot Ankle Int 18, 1997. 443-6.
12. **Mouton, A., et al., et al.** *Chirurgie percutanée de l'hallux valgus: résultats d'une étude prospective de 80 interventions*. 2008.
13. **Helbert, S.** Etude stabilométrique de l'hallux valgus en charge. *Podologie*. Expansion Scientifique Française, 1997.

14. **Snijders , CJ., Snijder, JGN. et Philippens , MM.** Biomechanics of hallux valgus and spread foot. *Foot Ankle*. 1986, Vol. 7.
15. **Gumina, S. et Postacchini, F.** Measurement of extensor hallucis longus power in patients with hallux valgus. Is the Dandy sign reliable in cases of hallux valgus? *Ital J Orthop Traumatol*. 1992, Vol. 18.
16. **Maartje M.L. de Win, Wim J. Theuvenet, Paul W.Roche, Rob A. de Bie, and Henk van Mameren.** The Paper Grip Test for Screening on Intrinsic Muscle Paralysis in the Foot of Leprosy Patients. *International Journal of Leprosy*. 2002, Vol. 70, 1.
17. **Hylton, B., Menz et Morris, ME.** Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. *Gait and Posture*. Elsevier, 09 2006, Vol. 24, pp. 229-236.
18. **Kevin Deschamps, Ivan Birch, Kaat Desloovere, Giovanni A. Matricali.** The impact of hallux valgus on foot kinematics: A cross-sectional, comparative study. *Gait and Posture*. Elsevier, 2010, Vol. 32, pp. 102-106.
19. **Sheree E Nix, Bill T Vicenzino, and Michelle D Smith.** Foot pain and functional in healthy adults with hallux valgus: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Discord*. BioMed Central, 10 2012, Vol. 13.
20. **Come, D.** Hallux valgus et insuffisance de M1. Etude podométrique. *Podologie* . 1999.
21. **Côme, D.** Quand le premier rayon fait défaut... Masson, 23.
22. **Menz, HB. et Lord, SR.** The contribution of foot problems to mobility impairment and falls in community-dwelling older people. *J Am Geriatr Soc*. 2001, 49.
23. **Goldcher, A.** Traitement médical de l'hallux valgus. *EMC*. Elsevier Masson, 2013, Vol. 27.
24. **Piat, C.** Indication chirurgicale de l'hallux valgus et de ses conséquences. Comment je pose mes indications. *Les entretiens de Bichat Podologie 2012*. Elsevier, 2012.
25. **Leemrijse, T., Valtin, B. et Besse, J.L.** La chirurgie de l'hallux valgus en 2005. Chirurgie conventionnelle, mini-invasive ou percutanée? Uni- ou bilatérale? Hospitalisation ou ambulatoire? *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur*. Elsevier Masson, 2008, Vol. 94, pp. 111-127.
26. **Diebold, P.** *Ostéotomie en chevron distal du 1er métatarsien*. s.l. : Chirurgie de l'avant pied 2<sup>ème</sup> édition Elsevier, 2005.
27. **Bénichou, M.** Traitement chirurgical de l'hallux valgus par mini-abord. *Med. Chir. Pied*. Springer, 2007, Vol. 23, pp. 140-145.

28. **X. Roussignol, F-X. Sevestre, G. Polle, J-F. Mallet, N. Biga, F. Dujardin.** Hallux valgus: mise au point sur l'analyse radiographique et la planification opératoire. *Med. Chir. Pied.* Springer, 2012, Vol. 28, pp. 24-32.
29. **Kitaoka, HB. et Patzer , GL.** Analysis of clinical grading scales for the foot and ankle. *Foot Ankle Int.* 1997, Vol. 18, 443-6.
30. **Delorme, T.L. et Watkins, A.L.** Technics of progressive resistance exercise. *Arch. Phys. Med.* 1946, Vol. 27.
31. **HAS.** *Analyse de la posture statique et/ou dynamique sur plate-forme de force.* s.l. : Service évaluation des actes professionnelles, juin 2007. CEQP005.
32. **Saro, C., et al., et al.** Plantar pressure distribution and pain after distal osteotomy for hallux valgus.
33. **Thomas W. Kernozek, Ph. D. ,Steven A. Sterriker, DPM.** Chevron (Austin) Distal Metatarsal Osteotomy for Hallux Valgus: Comparaison of Pre- and Post-Surgical Characteristics. *Foot and Ankle International.* 06 2002, Vol. 23.
34. **Lelièvre, J. et Lelièvre, JF.** Pathologie du pied. Masson, 1981, Vol. 5 ème ed.Paris.
35. **Bosjen Moller, F.** Anatomy of the fore foot, normal and pathologic. *Clin Orthop.* 1979, Vol. 142, 10.
36. **Cazeau, C. et Stiglitz, Y.** Principes mécaniques et paramètres radiologiques pertinents dans la chirurgie de l'halux valgus. *Les entretients de Bichat Podologie 2012.* Elsevier, 2012.
37. **Cornu, JY.** Preuve de la décharge d'un pied diabétique en baropodométrie. *Med. Chir. Pied.* Springer-Verlag, 2009, Vol. 25, pp. 92-104.
38. **Hassoun, J., et al., et al.** Ostéotomie Scarf dans le traitement de l'hallux valgus: à propos de 26 cas. *Med. Chir. Pied.* Springer, 2007, Vol. 23, pp. 23-27.
39. **Galois, L., et al., et al.** L'hallux valgus masculin. A propos de 30 cas. *Med. Chir. Pied.* Springer-Verlag, 2002, Vol. 18.
40. **Largey, A., Ely, B. et Bonnel, F.** Les os sésamoïdes de l'hallux: du mythe à la fonction. *Med. Chir. Pied.* Springer, 2008, Vol. 24, pp. 28-38.
41. **Jarde, O., et al., et al.** Etude radiologique de face des métatarsiens en charge sur un pied normal et porteur d'un hallux valgus. *Med. Chir. Pied.* Springer, 2004, Vol. 20, pp. 35-38.
42. **Millet-Barbé, B., et al., et al.** Traitement chirurgical hybride de l'hallux valgus: résultats préliminaires d'une étude prospective continue de 24 cas. *Med. Chir. Pied.* Springer-Verlag, 2011, Vol. 27, pp. 97-105.

43. **Jardé, O., et al., et al.** Résultats sur les métatarsalgies du traitement de l'hallux valgus par ostéotomie SCARF avec abaissement du 1er métatarsien. A propos de 37 patients avec un recul moyen de 3 ans. *Med. Chir. Pied.* Springer, 2005, Vol. 21, pp. 118-123.

44. **Charvet, R., et al., et al.** Hallux valgus et arthrose: corrélation anatomoradiologique. A propos de 61 cas. *Med Chir Pied.* Springer-Verlag, 2009, Vol. 25, pp. 27-31.

# Annexes

---

## **Annexe 1 : Contextualisation**

- 1A- Anatomophysiologie
- 1B- Etiologie
- 1C- Marche
- 1D- Prise en charge multimodale de l'hallux valgus
- 1E- Chirurgie mini-invasive de l'hallux valgus
- 1F- Recommandations post-opératoires

## **Annexe 2 : Documents concernant les patients**

- 2A- Courrier
- 2B- Consentement
- 2C- « Fiche patient »
- 2D- Radiographies

## **Annexe 3 : Chronologie de l'étude**

## **Annexe 4 : Rééducation**

- 4A- Tableau de rééducation
- 4B- Frise : étapes de la rééducation
- 4C- Etude préliminaire-Choix des mousses de rééducation
- 4D- Suivi des patients

## **Annexe 5 : Résultats**

- 5A- Caractéristiques des patients
- 5B- Tableau statistique
- 5C- Critère de jugement secondaire

## Annexe 1 : Contextualisation

---

## Hallux valgus

---

### 1A- Anatomophysiologie

#### Le Pied

Selon Maestro... « *La fonction des pieds permet la marche idéale pour un individu donné, c'est-à-dire, avec la meilleure stratégie musculaire pour le cout énergétique le plus faible.*

*Lorsque l'on observe le pied dans la marche, on note une mobilité préférentielle dans le plan sagittal au niveau de la cheville et de l'avant pied, en particulier sur la première tête métatarsienne. Plutôt que de parler de mouvement charnière à axe transversal, il convient mieux de parler de zone pivot pour englober la réalité tridimensionnelle ».* (3)

#### L'avant pied

*"...L'avant pied, véritable capteur sensitif et sensoriel est un organe amortisseur et propulseur composé de cinq chaînes cinématiques libres. Ces cinq rayons forment un tronc de cône mobile, oblique en bas et en avant, dont l'extrémité évasée va rejoindre le sol selon un appui parabolique. Durant le cycle de marche, l'avant pied est la partie du pied qui subit le maximum de contrainte, il porte et répartit la charge corporelle plus longtemps que les autres régions, avec près de 40% de la durée du cycle soit 85% du temps portant (c'est-à-dire environ 600 millisecondes). Il subit au minimum 1000 impacts par kilomètre. Ces contraintes augmentent avec le type d'activité (course, sprint, saut etc.)..."* (3)

#### Le premier rayon

Selon Leemrijse ... « *Le premier rayon joue un rôle clé dans le maintien de la structure de l'arche médiale du pied et est soumis à des forces importantes au cours de la marche...(...). Il est difficile de décrire anatomiquement l'avant pied sans prendre en considération l'arrière pied, la cheville et l'ensemble du membre pelvien, segments interagissant dans la biomécanique du pas.* » (6)

Mais qu'entend-on par premier rayon ?

D. Come nous propose cette description : « *Le premier rayon a été longtemps considéré comme étant l'addition du premier métatarsien et du gros orteil : cette vision anatomiquement et géométriquement correcte n'est absolument pas fonctionnelle. Elle nous paraît beaucoup trop restrictive, il est impossible de dissocier le premier métatarsien du cunéiforme médial et même, plus en arrière, du naviculaire. L'arrêter à l'articulation tarsométatarsienne serait ignorer le peu de possibilités de mouvement entre le premier métatarsien et le cunéiforme médial (du fait des surfaces articulaires et des puissants ligaments de Lisfranc) et le couper d'un élément musculaire majeur agissant sur la colonne interne, le tibial antérieur. De même, les degrés de liberté entre le cunéiforme médial et le naviculaire sont restreints et difficilement dissociables. Là encore, la définition anatomique éliminerait de ce complexe*

*fonctionnel le muscle tibial postérieur, élément majeur, en synergie avec le long fibulaire, du maintien et de stabilité du médio pied et de la colonne interne. » (21)*

### Le premier métatarsien

Lengelé B. et Leemrijse T. ajoutent : « *Le corps du premier métatarsien est plus court et plus large que celui du deuxième métatarsien qui compose l'axe du pied. Cette distinction morphologique se fait très tôt chez l'embryon lors du développement du métatarse et se poursuit chez le fœtus par une diminution progressive de l'angle inter métatarsien. L'angle passe de 30 degrés au deuxième mois de vie intra utérine à 10 degrés chez le nouveau-né. Au terme de la croissance squelettique, elle se stabilise chez l'adulte entre 6 et 9 degrés. » (6)*

### La première articulation métatarso-phalangienne

*... « La surface articulaire distale du premier métatarsien forme une trochlée asymétrique qui s'articule avec la base de la phalange proximale de l'hallux et avec les osselets sésamoïdiens médial et latéral. Ceux-ci forment avec la cavité glénoïde de la phalange une unité fonctionnelle sésamoïdo-phalangienne stabilisée par un fibrocartilage plantaire et soutenue par la musculature intrinsèque du premier rayon. Véritablement sertis au sein du fibrocartilage glénoïdal de la plaque plantaire, les os sésamoïdes sont reliés de façon extrêmement rigide à la base de la première phalange. (...)*

*L'entité sésamoïdo-gléno-phalangienne constitue un ensemble articulaire dynamique soumis à des contraintes asymétriques d'origine musculaire et ligamentaire. En effet, le fibrocartilage glénoïdal du premier rayon est fermement solidarisé à la tête et à la plaque plantaire du second métatarsien par l'intermédiaire du puissant ligament transverse métatarsien profond. Cet élément anatomique met donc en place, sur le côté latéral du premier rayon, un moyen de fixité indéformable qui rattache solidement le sésamoïde latéral à l'extrémité distale du deuxième rayon. A l'opposé, il n'existe aucune stabilisation médiale de la tête du premier métatarsien. (...) S'ajoutant à cette inégalité de soutien ligamentaire les sésamoïdes reçoivent par ailleurs sur leurs bords abbatiaux les insertions asymétriques des muscles intrinsèques du pied. (...) (Pour le sésamoïde latéral : chefs oblique et transverse du muscle abducteur de l'hallux, tendon distal du chef latéral du court fléchisseur de l'hallux. Pour le sésamoïde médial : tendon distal du chef médial du muscle court fléchisseur de l'hallux et abducteur de l'hallux.) (...) Bien que le faisceau plantaire métatarso-gléno-sésamoïdien du ligament suspenseur médial soit habituellement plus fort et plus large que son homologue latéral, cette disposition syndesmologique ne suffit pas à compenser l'asymétrie des contraintes mécaniques qu'exercent de façon prédominante les muscles intrinsèques de l'hallux sur le côté latéral de l'interligne métatarsophalangien du premier rayon.*

*Cette description anatomique autour de la colonne osseuse médiale de l'avant pied rend parfaitement compte de l'instabilité intrinsèque du premier rayon. Elle constitue un des éléments*

*pathogéniques fondamentaux qui expliquent la grande fréquence de sa déformation en hallux valgus. »*

En ce qui concerne la mobilité articulaire de la première articulation métatarso-phalangienne :

- La mobilité passive est de 45° en flexion plantaire et 90° en flexion dorsale.
- La mobilité active en charge est de 44 (+ ou – 2,5%) ce qui correspond à la mobilité mesurée pendant la marche de 42°.

*« La différence entre la mobilité en chaîne ouverte et chaîne fermée en charge serait due à l'impaction de la tête métatarsienne dans le complexe phalangio-sésamoidien, ce qui positionne les axes transversaux en position plus basse.*

*Les CIR (centre instantané de rotation) métatarso-phalangien et métatarso-sésamoidien mettent en évidence des mouvements de glissement prédominant ainsi que le caractère visco-élastique du mécanisme. La flexion s'accompagne d'une rotation automatique en rotation interne du métatarsien avec alignement des axes du métatarsien et de la phalange, et donc du système tendineux avec disparition du valgus physiologique. Ce mécanisme permet de centrer la force propulsive et d'équilibrer les moments rotatoires axiaux déstabilisants. Cela est compromis dans l'hallux valgus. » (3)*

## 1B- Etiologies

TABLE 1 Potential Intrinsic and Extrinsic Factors	
Extrinsic	Intrinsic
High-heeled narrow shoes	Genetics
Excessive weight-bearing	Ligamentous laxity
	Metatarsus primus varus
	Pes planus
	Functional hallux limitus
	Sexual dimorphism
	Age
	Metatarsal morphology
	First-ray hypermobility
	Tight Achilles tendon

Figure 25: Etiologies de l'hallux-valgus. (*"The pathogenesis of hallux valgus" AM. Perera (8)*)

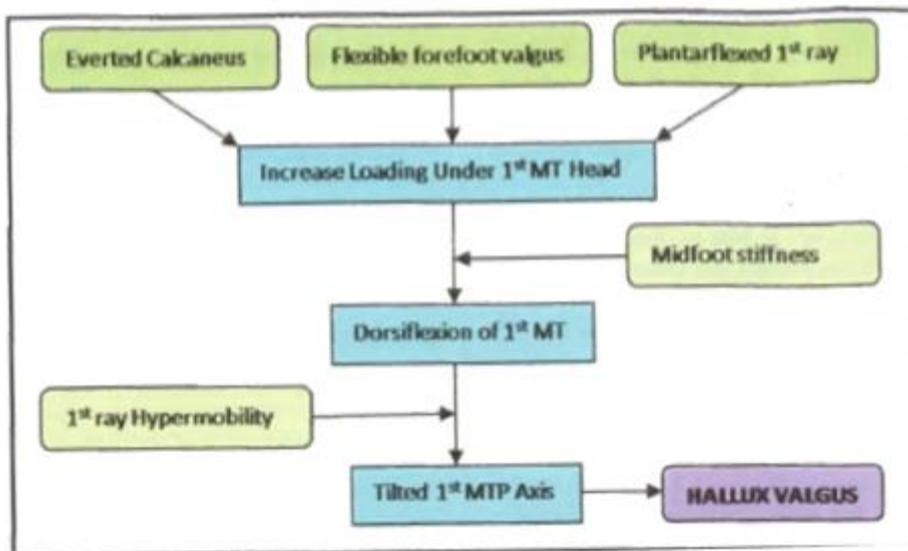
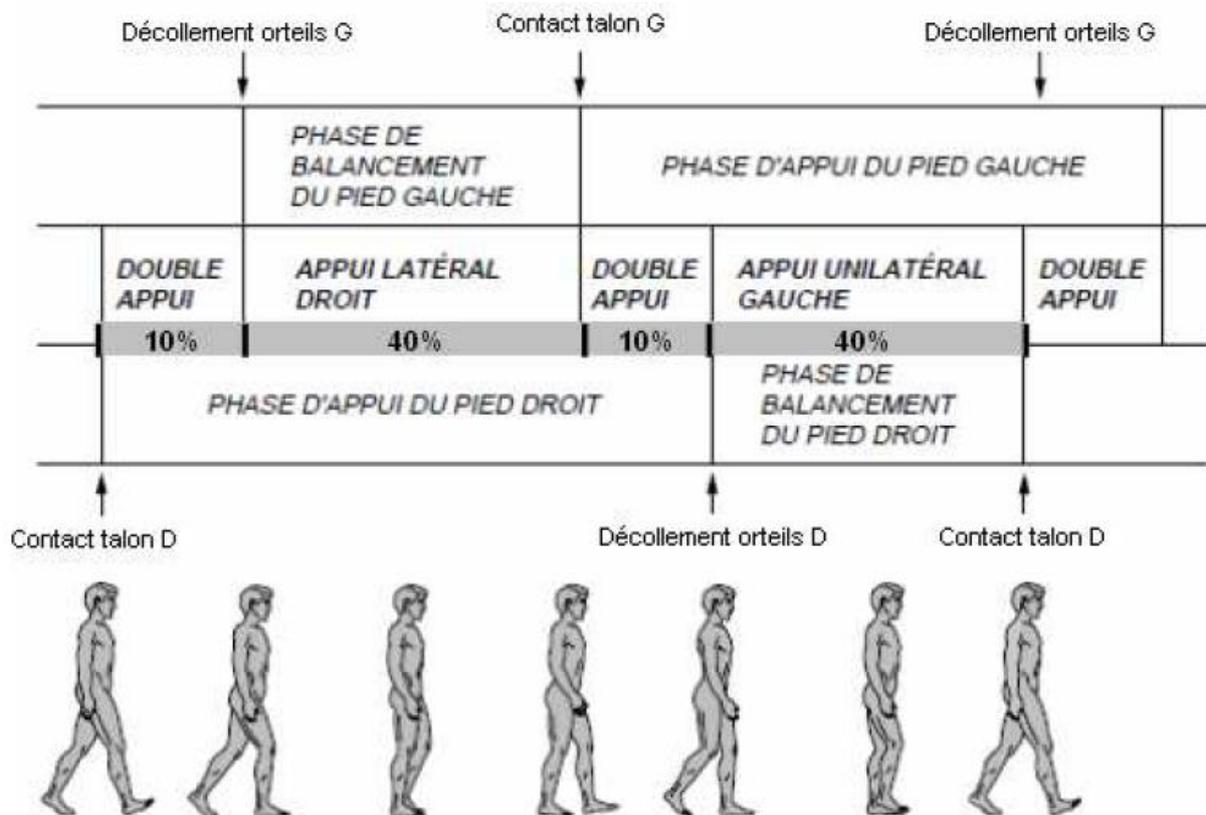


Figure 26 : Facteurs favorisant la déformation du premier orteil en valgus. (17)

### 1C- Marche

Le schéma de marche est la succession de trois phases : taligrade, plantigrade et digitigrade.



D'après Gras, P. et al. La marche, BMC 26-013-A-10, Elsevier Masson, 1996

Figure 27: Le cycle de marche.

Dans cette étude nous nous intéressons particulièrement à la troisième phase ; la phase taligrade soit le « terminal stance ».

### Le “terminal stance” selon Maestro “Biomechanics of the forefoot” (3)

« Entre 40 et 62% du cycle de marche, après le décollement du talon débute le transfert des charges sur l'avant-pied. C'est pendant la phase portante terminale du troisième pivot que l'avant-pied est le plus sollicité, il englobe le terminal stance et le pré-swing des Anglo Saxons. Le décollement du gros orteil ou toe-off termine la phase portante : c'est le quatrième pivot. Pour une cadence normale, à ce moment, la flexion est de 5° dans la hanche, de 45° dans le genou, la cheville est à 27° de flexion plantaire et la MTP1 à 42° de flexion dorsale ou extension. Cette phase finale du pas est une phase d'élan, d'accélération, génératrice d'énergie (85% pour le pas suivant) qui met le corps en état d'apesanteur relative. [...]

[...] Amortir, diriger et propulser la charge...autant de fonctions qui sous-entendent que l'avant pied doit pouvoir supporter, répartir et transférer des forces de compression, cisaillement et torsion. Pour cela, les structures anatomiques s'agencent en mécanismes capables d'assumer de telles contraintes. »

Nous tiendrons compte pour cette étude des différents critères physiologiques cités et succinctement développés ci-dessous selon J.Lelièvre (33) :

### Importance de la parabole distale

« La ligne qui joint les articulations métatarso-phalangiennes doit former un segment de parabole s'infléchissant légèrement de dedans en dehors et d'avant en arrière » Lelièvre

L'harmonie de la courbure est une nécessité pour le fonctionnement équilibré de l'avant pied et la répartition harmonieuse des pressions.

### Distribution de la charge

« A 30% du cycle juste avant la levée du talon, toute la charge est sur l'avant pied et progresse de latéral en médial. Après un parcours rapide dans le talon et le medio pied le centre de pression ralentit au niveau du medio pied et se dirige obliquement vers le premier espace et la première tête métatarsienne avant d'accélérer de nouveau au niveau de l'hallux. L'avant pied porte trois fois plus la charge que l'arrière pied. [...]

### Surface d'appui

[...] La surface d'appui maximale de l'avant pied de l'ordre de 48cm<sup>2</sup> diminue rapidement dès la levée du talon alors que la charge augmente : il convient donc de recruter une zone d'appui supplémentaire. C'est le rôle des orteils avec en moyenne 14cm<sup>2</sup> pour l'hallux. [...]

## Pression plantaire

La force verticale va comprimer les structures sur la surface d'appui, ce qui se traduit par une pression. [...]

[...] En conditions dynamiques, les pics de pression maximale enregistrés sont les plus élevés pour les deuxième, troisième et quatrième métatarsiens (4kg/cm<sup>2</sup>) puis viennent l'hallux (3,5cm<sup>2</sup>), le premier métatarsien (3,1 kg/cm<sup>2</sup>), puis le cinquième métatarsien (2,3kg/cm<sup>2</sup>). [...]

[...] Si on étudie l'évolution de la longueur du bras de levier entre la cheville et les différentes têtes métatarsiennes en fonction de l'angle de flexion dorsale de 0° à 42° qui est l'angle final du décollage du gros orteil, on constate que le moment résistant de la charge évolue avec le cosinus de l'angle de flexion du pied, et par conséquent il diminue avec l'importance de cet angle. Cette régression rappelle le dessin de la parabole distale. Cela représente un mécanisme de diminution de la force d'appui sur l'avant pied. [...]

## Pivots

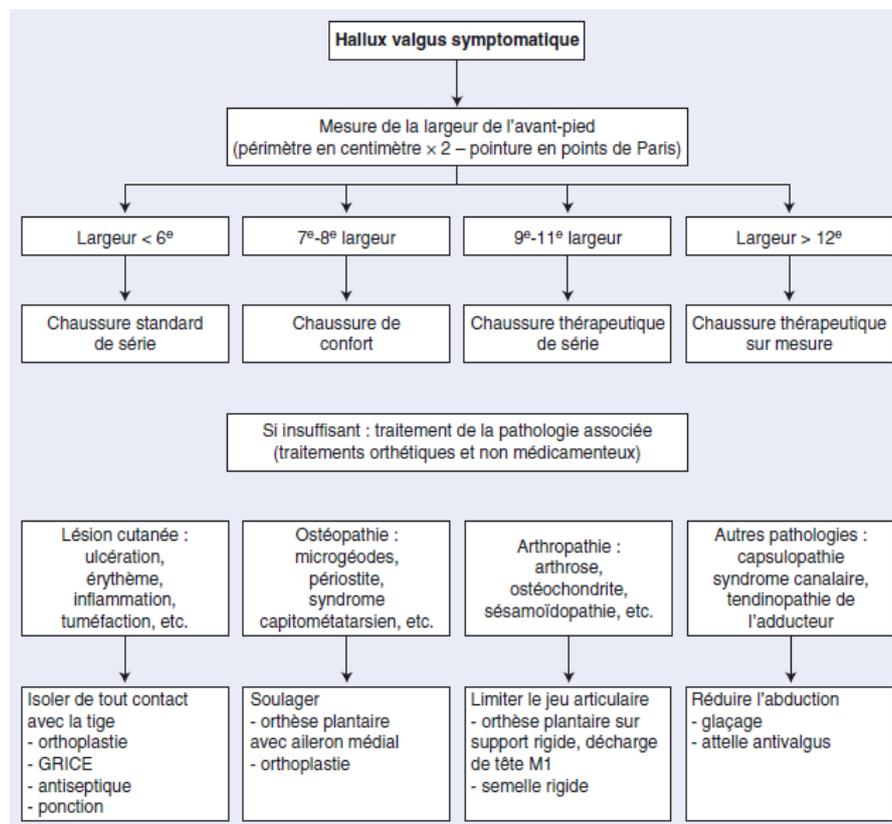
La locomotion bipède nécessite au moins trois zones pivot pour les mouvements de progression dans le plan sagittal. Après le talon et la cheville, le troisième pivot représenté par les articulations MtP est plus complexe qu'il n'y paraît, étant donné sa forme parabolique. [...]

[...] Sous l'effet du transfert de poids vers le pied opposé, l'avant pied va utiliser le bras médial de l'angle de Meschan comme pivot, ce qui implique le recrutement de la fonction stabilisatrice et propulsive de l'arche médiale et du premier rayon. Puis, rapidement, le pivot de mouvement passe sous l'extrémité de l'hallux : c'est le quatrième pivot ou advanced axis de Bosjen Moller.

« Cette belle séquence d'allongement des bras de levier propulsif » est compromise en cas d'hallux valgus par l'impossibilité du verrouillage final de la métatarso-phalangienne. (13)

A ce moment final du pas la charge à vaincre se dissipe tandis que la force propulsive est maximale. Toute la puissance musculaire sert à l'accélération puis au maintien de l'allure. Ainsi cette possibilité d'accélération et de maintien d'une vitesse rapide reflètent le bon fonctionnement biomécanique de l'avant pied et du pied.

## 1D- Prise en charge multimodale de l'hallux valgus



**Figure 12.** Arbre décisionnel. Traitement orthopédique d'un hallux valgus symptomatique. 1 point de Paris = 2/3 de centimètre ; GRICE : glaçage, repos, immobilisation, compression, élévation ; AINS : anti-inflammatoire non stéroïdien ; M1 : 1<sup>er</sup> métatarsien.

### Figure 28 : Prise en charge multimodale de l'hallux valgus

Modèles de chaussure à éviter et à conseiller en cas d'hallux valgus.

Modèles à éviter	Modèles à conseiller
Mule	Derby, derby cycliste
Sabot	Lamballe
Zoccoli	Charles IX
Mocassin	Salomé
Richelieu	Balmoral
Cycliste	Certaines sandales
Escarpin	Tong
Ballerine	Trekking
Boots ou botte cavalière	Boots ou botte avec ouverture

**Figure 29 : Conseil de chaussage.**

## 1E- Chirurgie mini-invasive « mini-chevron » de l'hallux valgus

Courant 2012, le suivi du travail de chirurgiens orthopédiques au sein de la polyclinique, accompagné d'un stage d'immersion en septembre et octobre 2013, a permis le suivi pré et post-opératoire de patients porteurs d'un hallux valgus.

Un chirurgien orthopédique spécialiste du pied opère environ 500 à 600 hallux valgus par an.

Prise en charge type d'un patient porteur d'un hallux valgus avec indication chirurgicale à la Polyclinique :

- *Première consultation avec bilan radio-clinique en fonction des plaintes du patient. Avis chirurgical.*
- *Entrée en clinique. Deux possibilités de prise en charge : ambulatoire ou hospitalisation. L'hospitalisation est de courte durée, en général il s'agit de deux nuits. Admission en ambulatoire à 7H30 pour les patients opérés le matin et à 12h pour les patients opérés l'après-midi. Admission en hospitalisation à 16H la veille pour les patients opérés le matin et à 11h pour les patients opérés l'après-midi.*
- *Accueil par les infirmières du service, mise en place de la douche à la Bétadine. Passage du médecin anesthésiste en chambre.*
- *Descente au bloc quelques heures avant l'intervention.*
- *Prise en charge par l'anesthésiste effectuant une rachianesthésie : injection locale (Bupivacaine, Xylocaine) dans l'espace rachidien (sous L2) à proximité des nerfs. Le patient ne sent plus ses deux membres inférieurs pendant environ 3h.*
- *Intervention au bloc. Elle dure entre 25 et 45 min.*

Succincte description des gestes opératoires réalisés (26) :

- incision cutanée inféromédiale de la tête du premier métatarsien,
- arthrolyse médiale,
- exostosectomie,



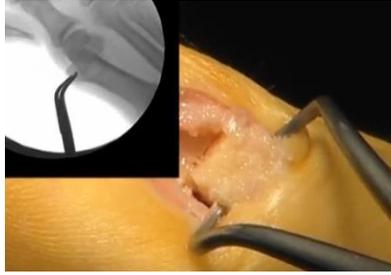
○

- arthrolyse latérale avec ténotomie de l'adducteur du I et capsulotomie plantaire,



○

- ostéotomie du premier métatarsien dite en chevron avec réorientation de la surface articulaire distale et réduction du métatarsus varus,



○

- ostéotomie phalangienne de varisation supination pour compléter la correction,



○



- gestes sur les rayons latéraux éventuels.

- *Attente du patient en salle de réveil, le temps que le patient sente ses jambes et bouge à nouveau ses orteils.*
- *Retour en chambre avec antalgiques oraux et surveillance.*
- *Le patient a alors un pansement conséquent sur son pied qu'il conservera 3 semaines. C'est le chirurgien qui l'enlèvera lors d'un prochain rendez-vous avec bilan radio-clinique.*
- *Durant ces trois semaines de repos, le médecin anesthésiste prescrit un traitement anticoagulant injectable. Cela nécessite le passage d'une infirmière au domicile. Sont effectuées également des prises de sang deux fois par semaine pour contrôler les plaquettes.*
- *Pendant un mois les patients portent une chaussure post-opératoire type CHV du laboratoire Sober. Après, le port de chaussures larges est conseillé durant une semaine. Le chaussage correct sera obtenu environ 6 à 8 semaines après l'intervention. Le chaussage féminin avec chaussures étroites sera possible entre 3 et 6 mois après l'intervention selon la vitesse de disparition de l'œdème post-opératoire.*

## **1F- Recommandations post opératoires**

### Avec pansement : les quatre premières semaines

Ne pas mouiller le pansement (utilisation de sac plastique pour la douche).

Eviter de marcher pied nu, le port de la chaussure médicalisée est fortement recommandé.

Surélévation du membre inférieur opéré.

Auto-rééducation : Des exercices de mobilisations actives et passives peuvent être réalisés et renouvelés 3 fois par jour, à raison de 10 répétitions pour chaque mouvement

### Sans pansement : à partir de la cinquième semaine

Hydratation cutanée sur tout le pied et crème cicatrisante sur zone cicatricielle.

Surélévation du membre inférieur opéré.

Cryothérapie : sac de petit pois congelés pendant 20min si douleur.

Surveillance de la cicatrice et de la coloration cutanée.

Surveillance des signes de complication (syndrome douloureux régional complexe, phlébite, infection...).

Conseil de chaussage (pas de port de tong...)

Respect des délais prescrits (phases passive et active en rééducation, reprise de la marche, reprise de la conduite, reprise des activités professionnelle et sportive)

## Annexe 2 : Documents concernant les patients

---

## 2A- Courrier adressé au patient avant l'intervention chirurgicale



Polyclinique c  
S

Le Franc Adeline  
Etudiante Masseur kinésithérapeute  
IFM3R  
54 rue de la Baugerie  
St-Sébastien-sur-Loire

Madame, Monsieur,

Etudiante en Masso-Kinésithérapie à l'IFM3R de Nantes, j'ai choisi d'orienter mon mémoire de fin d'étude sur le suivi rééducatif de l'hallux valgus opéré. Le Dr ( ) et Mr. ( ) (masseur-kinésithérapeute à la polyclinique ( )) m'accompagnent dans la réalisation de ce projet. Dans ce cadre, et ayant vous-même subi cette intervention, je vous propose d'intégrer cette étude et de bénéficier d'une prise en charge rééducative spécifique post-chirurgicale.

Les patients sélectionnés seront répartis, de manière aléatoire, en 2 groupes : A et B. Ceux appartenant au groupe B auront un temps supplémentaire de renforcement musculaire des fléchisseurs du 1<sup>er</sup> orteil dans leur rééducation. Chacun bénéficiera de 9 séances de rééducation (tarif conventionnel avec remboursement par la sécurité sociale) à domicile ou au cabinet ci-après :

Cabinet de Masso-Kinésithérapie  
N  
Polyclinique c e  
Avenue C d  
BP : 4 s  
edex

Des prises de mesure pour votre suivi seront réalisées sur 4 temps :

- T0 : pré-opératoire, 1h avant votre intervention chirurgicale ;
- T1 : lors de votre rendez-vous avec M. F ( ) ; pour enlever le pansement ;
- T2 : 1 mois après le début de votre rééducation ;
- T3 : 2 mois après le début de votre rééducation, lors de votre rendez-vous de contrôle avec Mr F ( ).

Toutes les données recueillies seront rendues anonymes.

Afin de pouvoir effectuer ce travail, j'ai besoin de recueillir votre consentement libre, éclairé et signé. En espérant votre présence aux dates qui vous seront proposées, je vous informe, par ailleurs, que vous pouvez à tout moment vous retirer librement de l'étude.

Je vous remercie de l'intérêt que vous accorderez à cette sollicitation qui revêt une importance particulière dans ma formation.

Veillez agréer, Madame, Monsieur, l'expression de mes sincères salutations.

Adeline Le Franc

## 2B- Coupon-réponse du consentement

Je, soussigné M. Mme \_\_\_\_\_, atteste avoir pris connaissance des modalités du projet de Mlle Adeline LE FRANC sur le suivi rééducatif de l'hallux valgus opéré, et accepte librement de participer à l'étude.

Je m'engage :

⇒ à effectuer mes 9 séances de rééducations prescrites par le Dr C. \_\_\_\_\_ à mon domicile ou au cabinet de Masso-kinésithérapie de M. C. \_\_\_\_\_ J. (Les dates seront définies selon mes disponibilités.)

⇒ à effectuer quatre prises de mesures tests pour l'étude à des dates définies lors d'un accord téléphonique préalable.

A....., le .....

Signature

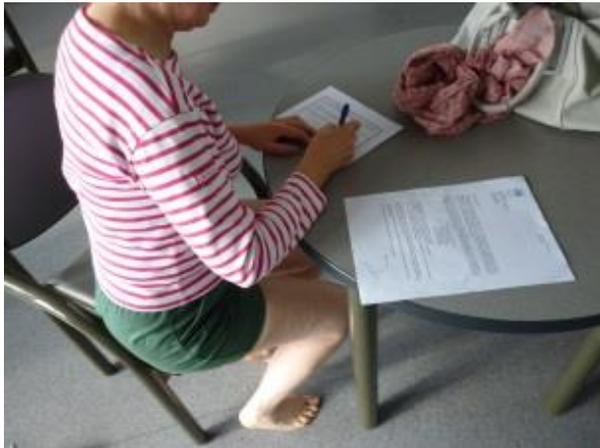


Figure 30 : Signature du consentement avant la prise en charge chirurgicale.

## 2C- « Fiche patient » type

### FICHE PATIENT

NOM : J.

PRENOM :

DATE DE NAISSANCE : 12/04/1949

ADRESSE : 19 rue de la Justice  
44... 91

LATERALITE	D	G
HV	D	G

Appartement / Maison

Etage :

TEL :

Mobile : 06 21 10 50 82

Fixe : 02 40 26 18 62

PROFESSION : Nettrici secrétaire.

Durée de l'arrêt de travail :

LOISIRS/SPORT : Danse de salon / gym / marche ++

CONDUITE : oui

ATCD :

Pied/cheville : OI (2005)

Genou :

Hanche :

Rachis : ostéoporose lombaire

AUTRES : claustrophobie / acrophobie ++

1975 : appendicite chronique

2006 : sclérose tertiaire

10/07 : gastrite

TAILLE : 1m 57

POIDS : 59

POINTURE : 37

TYPE DE CHAUSSAGE : escaquin ++ (1/2 talon min 2cm) Port d'orthèses plantaires : oui / non

+ orthopédie bilat

DATE DU DEBUT DE FORMATION DE L'HV : ≈ 15 ans (à ses 50ans)

DATE DE L'OPERATION :

Le : 15/07/13

Hospitalisation / Ambulatoire

RDV pansement : le 8/08/13

RDV verif : le 17/10/13

AIDE A DOMICILE :

Oui / Non en mai

REMARQUES :

Patiente très anxieuse ++

085 ++ : reprendre vite la marche et remettre ses escaquins

NOM: J.

GROUPE

	EVA	PERIMETRIE	MOBILITE MTP FD / FP	REMARQUES
Pré-op Le: 15/07/13	4	21	70/30	Angoissée ++
Le: 8/08/13	1	22,4	Ø	Pas de mob ↳ trop doit braver!
16/08/13	2	22,6	20/10	Gère par l'acteur
19/08	1	22,5	30/10	
21/08	1	22	NT	
23/08	1	22,2	40/20	Rechte de 22
27/08	0	21,9	55/20	
29/08/13	0	21,9	50/30	
30/08	0	21,9	50/30	del fin de seance (wacky day)
3/09	1	22	60/30	
5/09/13	0	21,7	65/30	

18/10/13 0 21,2 60/40 T3

## 2D- Clichés radiographiques

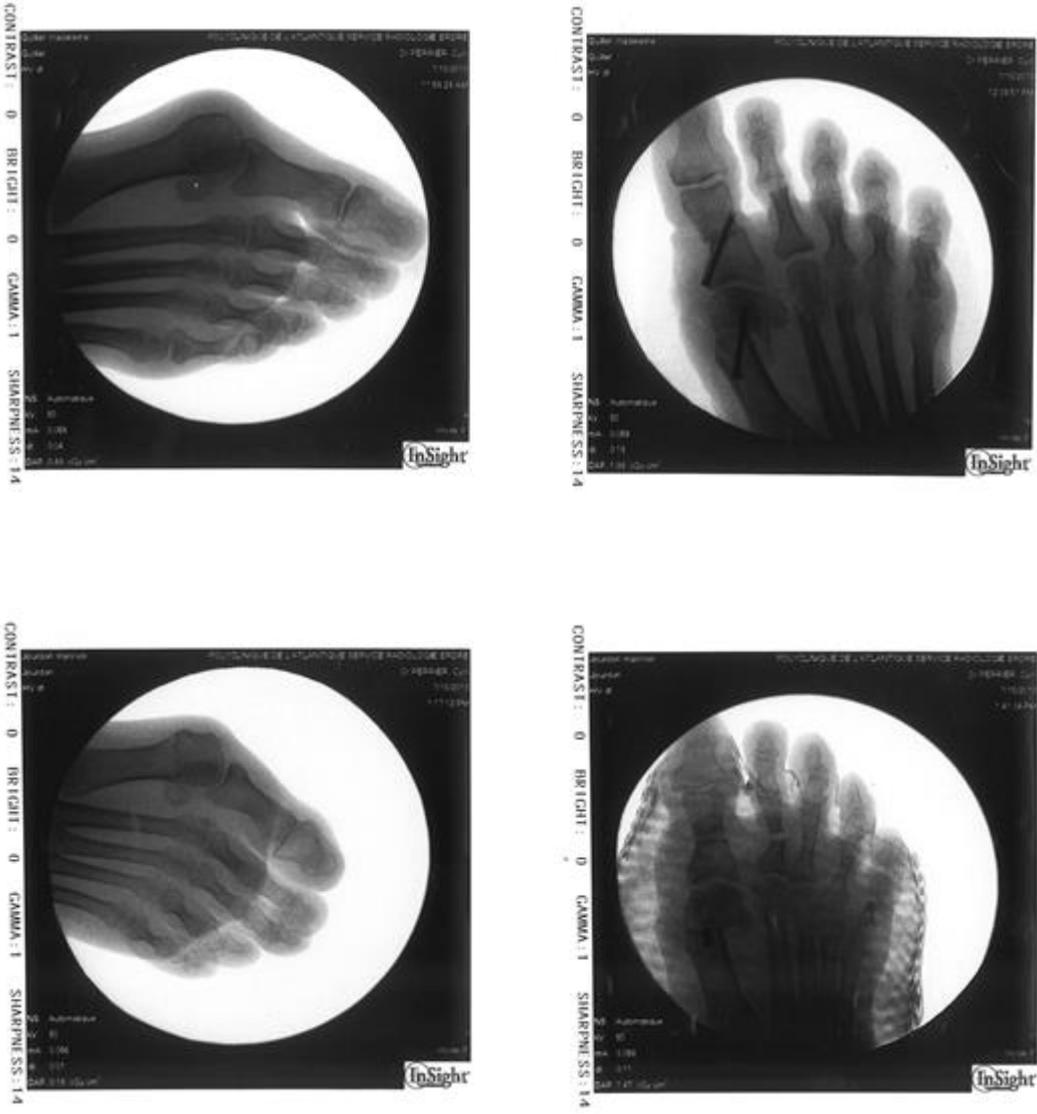
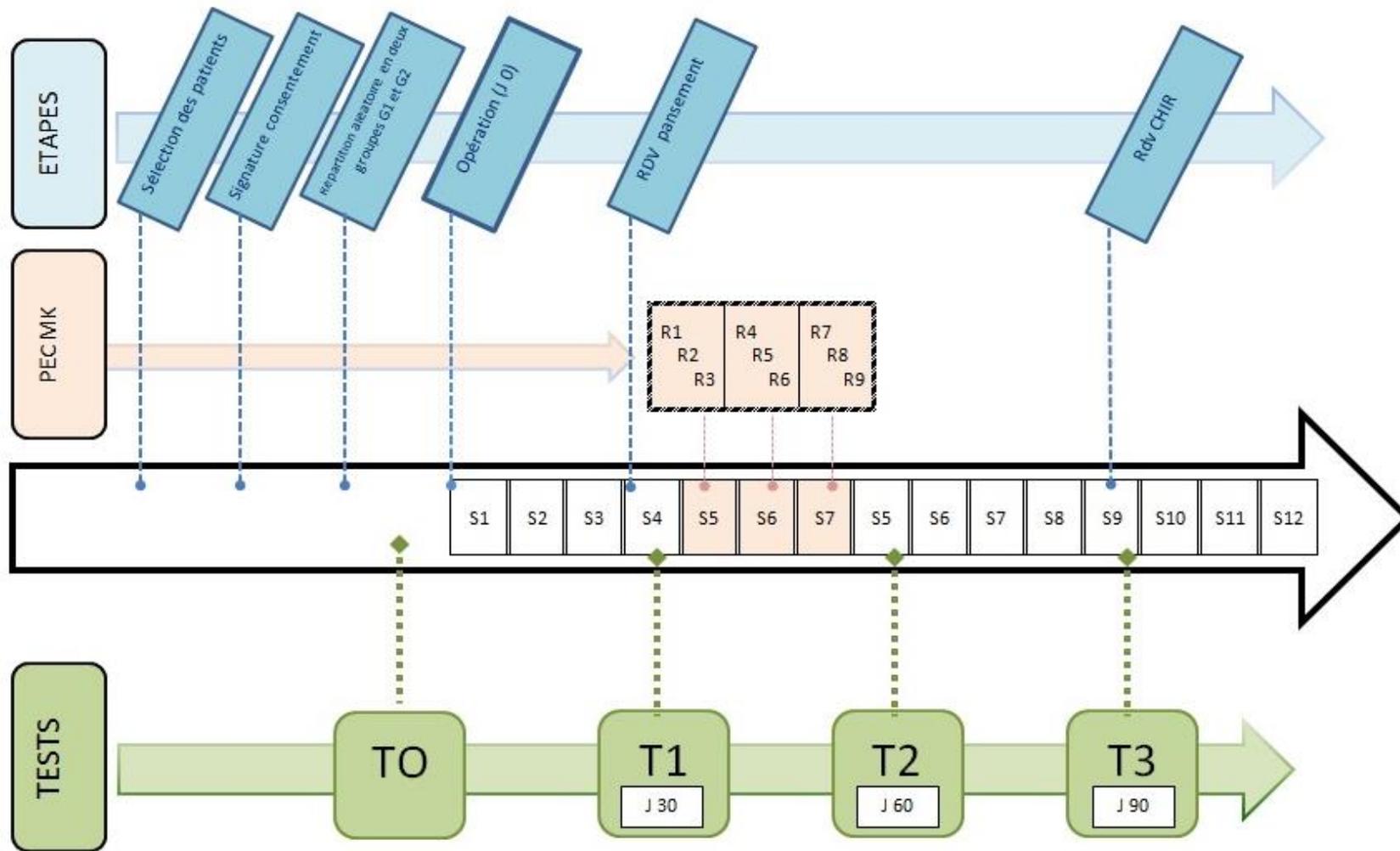


Figure 31 : Radiographies avant et après correction chirurgicale de l'hallux valgus

## Annexe 3 : Chronologie

---



CHRONOLOGIE DE L'ETUDE - HALLUX VALGUS - 2013/2014

## Annexe 4 : Rééducation

---

#### 4A- Tableau descriptif des différentes phases de la rééducation de l'hallux valgus opéré

		Techniques	Justificatif	
Avant toute séance de rééducation: vérification des signes de phlébite et de l'état cicatriciel de la voie d'abord chirurgicale				
Activité en décharge	massage	-effleurage global segment jambier cheville et pied -pétrissage superficiel et pression glissée profonde sur segment jambier -manœuvre doigt de gant sur les orteils,manœuvre en peigne dos du pied,pression glissée profonde sur arches antérieure interne et externe,pression statique en plantaire au niveau des têtes métatarsiennes -massage cicatriciel -massage sensitif	-premier contact avec le patient -détente globale du patient/mise en confiance -appréciation trophicité des tissus -drainage de l'œdème,stimulation du retour veineux -lutte contre la douleur/gêne en compression -désaturation des récepteurs sensitifs -diminution de la pression intrinsèque -lutte contre les adhérences cicatricielles	
	mobilisation	passif	-tibiofibulaire, talocrurale,Chopart et Lisfranc -les métatarsiens les uns par rapport aux autres/creusement de l'arche antérieur/concavité++ -M TP et IP:décoaptation,mobilisation passive en flexion extension abduction adduction rotation,baillement,glissement -étirement des fêchisseurs et extenseurs -posture -travail sensibilité profonde de l'hallux:arthrocinétique	-récupération de la mobilité/désenraidissement de la cheville et du pied/assouplissement -gain d'amplitude -lutte contre rétraction de l'aponévrose plantaire -favoriser le drainage de l'œdème
		actif	-travail actif des orteils en flexion extension écartement et rapprochement -travail des orteils contre résistance -"tenez-relachez"	-réveil musculaire -gain d'amplitude -préparation au travail en charge -lutte contre la crainte du mouvement (cinésiophobie)
Travail en charge	renforcement musculaire	-échauffement :marche et exercice grande mousse -Réalisation de séries d'écrasement de mousse de dureté prédéfinie: 3 séries de 10 mouvements avec M 1 3 série de 10 mouvements avec M 2 3 séries de 10 mouvements avec M 3 un mouvement= 1sec concentrique 1sec statique 1sec excentrique 1sec de repose entre chaque mouvement 1min de repos entre chaque série Position:patient debout pieds nus sur le plateau de rééducation mousse sous l'hallux opéré bras le long du corps genou en extension Consigne:"écrasez la mousse sous votre gros orteil sans vous pencher en avant ni fléchir vos genoux en regardant devant vous"	-Renforcement musculaire des fêchisseurs du premier rayon Parrallèlement au protocole de renforcement musculaire de Delorme et Watkins. Pas de port de charge mais écrasement de mousse pour travailler dans la physiologie fonctionnelle du premier rayon. Choix des mousse après étude de la dureté shore avec corrélation entre dureté de ma mousse et force à exercer(cf test à l'ICAM et graphe récapitulatif) Choix hauteur de la mousse pour travailler dans la physiologie du premier orteil lors de la propulsion:flexion dorsale de Lcos=renforcement musculaire dans la course externe et moyenne.	
	marche	1ère sem	-Correction de la position spontanée du patient en charge -Prise de conscience appui sous l'avant pied opéré autorisé et non douloureux/répartition du poids du corps de manière identique sous les deux pieds -Travail marche pied à plat mais symétrie des deux membres inférieurs, correction boiterie résiduelle, vérification angulation identique hanche genou cheville dans les deux membres inférieurs	-Travail d'équilibration/symétrie des deux membres inférieurs -Correction des boiteries et esquives d'appui
		2ème sem	-Travail du déroulement du pied: talon/plante/pointe -Marche arrière -Pas chassés -Exercices avec montée sur la pointe des pieds	-La marche arrière permet l'accentuation de la pointe et réduit les boiteries d'esquive d'appui -Pas chassés= travail mobilité dans le plan frontal -M ontée pointe des pieds et marche arrière= travail la mobilité dans le plan sagittal -Augmentation de la durée et longueur du pas postérieur
		3ème sem	-Travail de la force d'appui du gros orteil	-Travail de la propulsion -Travail musculaire des fêchisseurs du premier rayon -Reprise d'une marche physiologique
Autorééducation/Conseils		-Conseil d'hydratation;crème cicatrisante pour cicatrice et crème hydratante pour tout le pied pour gagner en souplesse cutanée entre les séances et accélérer la chute de la croûte -Conseil de chaussage au fil des séances -Eviction complète de la chaussure orthopédique CHV à partir de la première séance de rééducation -Possibilité d'application de froid en fin de journée, si douleur, si inflammation,si œdème important -Mouvement de la talocrurale en flexion extension au réveil le matin et régulièrement dans la journée à chaque changement de position -Série de 10 montées sur la pointe des pieds devant un miroir le matin:le miroir est un feedback pour autocorriger une esquive d'appui lors de l'exercice,le nez doit monter verticalement! -Exercices en fin de rééducation:ramasser un crayon au sol avec les orteils...marcher dans le sable...natation avec insistance sur battement des pieds		



#### 4C- Etude préliminaire : Détermination de la mousse pour la rééducation

Une étude préliminaire est effectuée début 2013 sur 50 patients sains afin de :

- Définir l'épaisseur des mousses pour la rééducation
- Définir la dureté des mousses pour la rééducation

##### Détermination de l'épaisseur des mousses pour la rééducation :

Dans un premier temps on recherche la hauteur de débattement que parcourt un hallux lors de la propulsion. Cette hauteur correspond à l'épaisseur de la mousse à écraser par l'hallux.

On mesure la longueur de l'hallux de 50 patients à l'aide d'un pied à coulisse digital (marque Powerfix). Trois mesures sont effectuées pour chaque patient dans des conditions identiques de réalisation. La moyenne des trois mesures est relevée. La longueur moyenne de l'hallux est de 43,93mm.

Ci-dessous, le début du tableau récapitulatif des données relevées.

Patients	Longueur hallux en mm
1	39,22
2	41,13
3	51,58
4	48,82
5	46,11
6	46,73
7	47,08
8	36,62
9	44,95
10	39,9
11	41,7
12	39,97
13	45
14	43,63
15	44,39
16	42
17	48
<b>moyenne</b>	<b>43,931</b>
<b>écart type</b>	<b>3,938</b>

L'angle final de décollage du gros orteil est de 42° selon les données de la littérature. (3)

Selon la formule trigonométrique  $h=lsina$ , on modélise dans un triangle rectangle  $l =$  longueur de l'hallux,  $a =$  angle de débattement et  $h =$  hauteur à parcourir.

On détermine la hauteur moyenne :

$$h=l*\sin a$$

$$h=43,93 *\sin (42)$$

$$h=29,39\text{mm}$$

L'épaisseur de la mousse est d'environ 30mm.

### Détermination de la dureté des mousses pour la rééducation :

Dans un second temps on recherche la force d'appui maximale qu'un hallux en flexion plantaire est capable de fournir.

Dans des conditions identiques de réalisation on demande aux patients d'appuyer de toute leur force avec leur hallux sur un pèse personne électronique.

On mesure la masse en kilogramme (kg). Trois mesures ont été réalisées pour chaque patient. La meilleure mesure a été retenue.

La masse en kg obtenue multipliée par la constante gravitationnelle  $g$  nous donne la force moyenne développée par un hallux sur une population saine ( $P=mg$ ). La valeur moyenne des 50 meilleures mesures a été calculée. Cette valeur moyenne est de 87N.

Ci-dessous une partie du tableau récapitulatif des données relevées :

Patients	Masse en Kg	Force en N
1	7,8	76,518
2	6,7	65,727
3	10,1	99,081
4	7,8	76,518
5	8,4	82,404
6	8,3	81,423
7	10,8	105,948
8	8,7	85,347
9	13	127,53
10	5,45	53,4645
11	12,9	126,549
12	12	117,72
13	7,9	77,499
14	11,4	111,834
15	6	58,86
16	7,5	73,575
17	6,5	63,765
	moyenne	87,280
	écart type	23,352

Des mousses de dureté croissante (shore=unité de dureté) de trois centimètres d'épaisseur ont été rassemblées et testées à l'aide de professionnels ingénieurs de l'ICAM dans la mise en œuvre et la caractérisation des matériaux, sur une machine de mesure de traction-compression INSTRON.



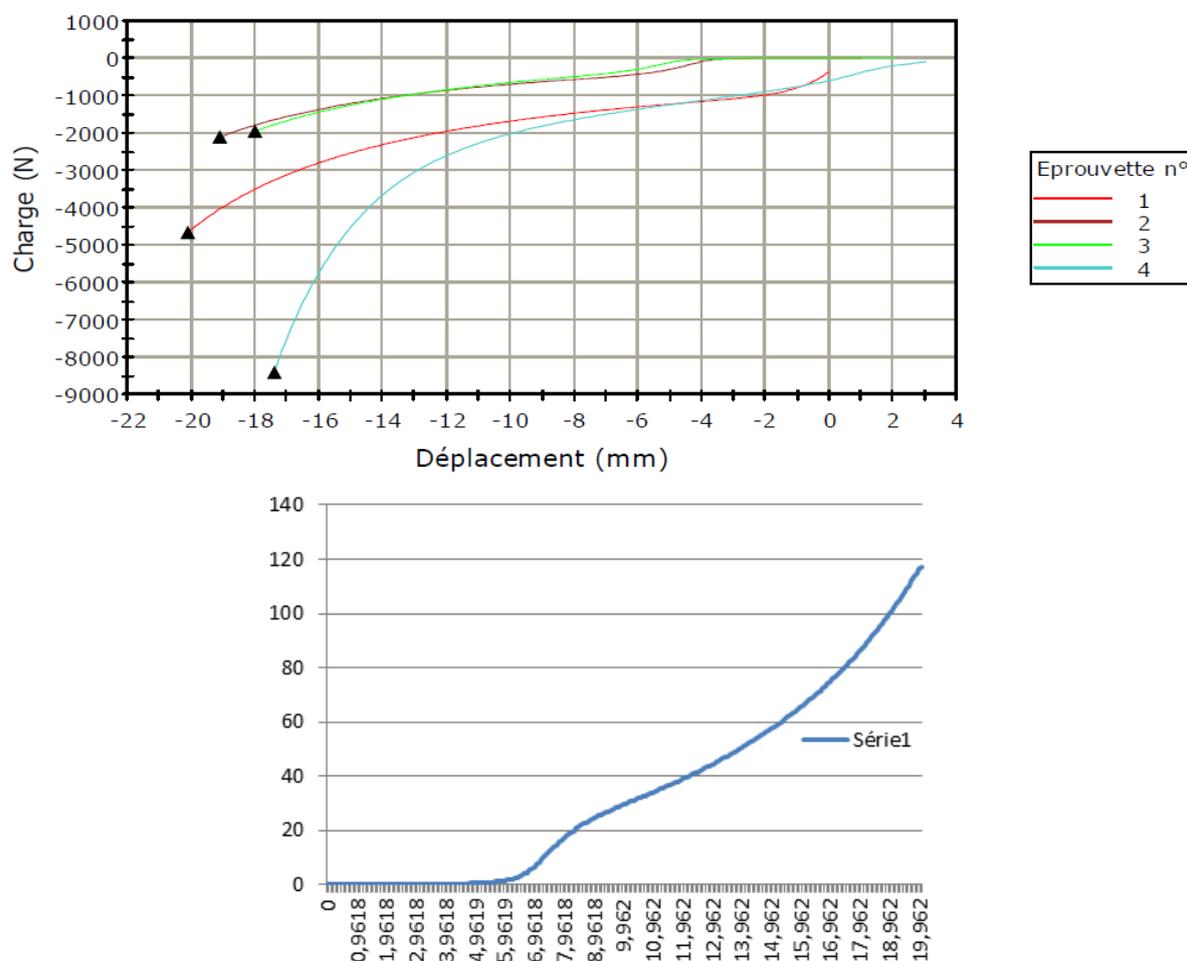
Figure 32 : Mousses



Figure 33 : Machine INSTRON

Les 8 éprouvettes testées nous donnent huit courbes donnant la force développée en Newton en fonction de la profondeur d'écrasement.

## Eprouvette 1 à 4



Figures 34 et 35 : Résultats.

Nous avons ainsi pu définir la mousse pour laquelle la compression de deux centimètres nécessite le recrutement de 87,28 Newton soit environ 90Newton.

Le protocole de rééducation est le suivant :

- 3 séries de 10 mouvements avec la mousse 1 (M1)
- 3 séries de 10 mouvements avec la mousse 2 (M2)
- 3 séries de 10 mouvements avec la mousse 3 (M3)

### Cette étude préliminaire a permis de déterminer la mousse M2.

Dans un objectif de renforcement musculaire, nous utilisons en M1 une mousse de dureté inférieure et en M3 une mousse de dureté supérieure. On prend +/- 10N.

La première série de 10 mouvements est considérée comme un échauffement, elle est réalisée avec une mousse nécessitant une force de 80N pour écraser deux centimètres de mousse. La troisième série est réalisée avec une mousse nécessitant une force de 100N.

#### 4D- Suivi des patients



Figure 36 : Périmétrie réalisée en arrière des têtes métatarsiennes à l'aide d'un mètre ruban.

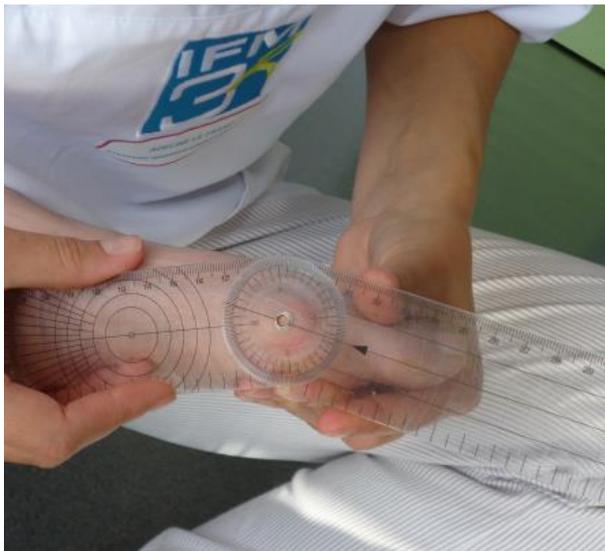
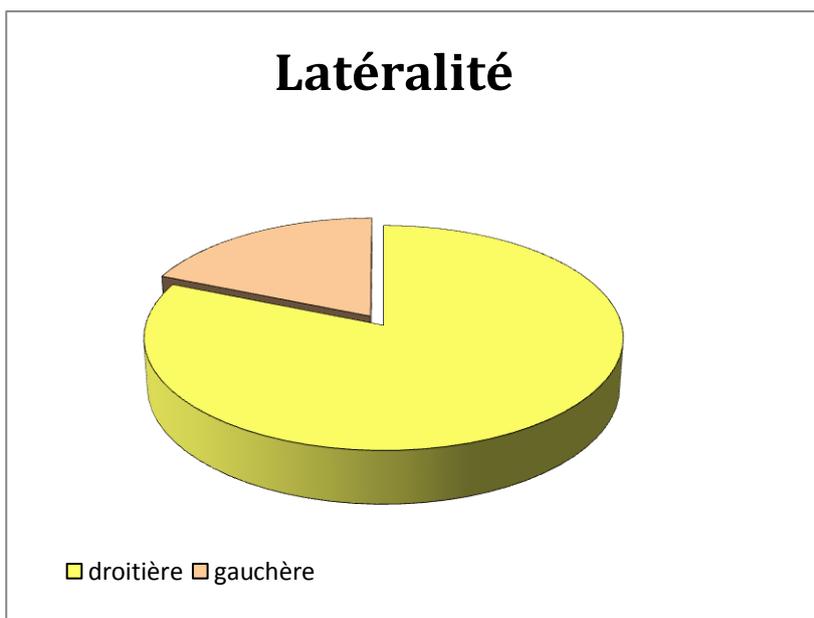
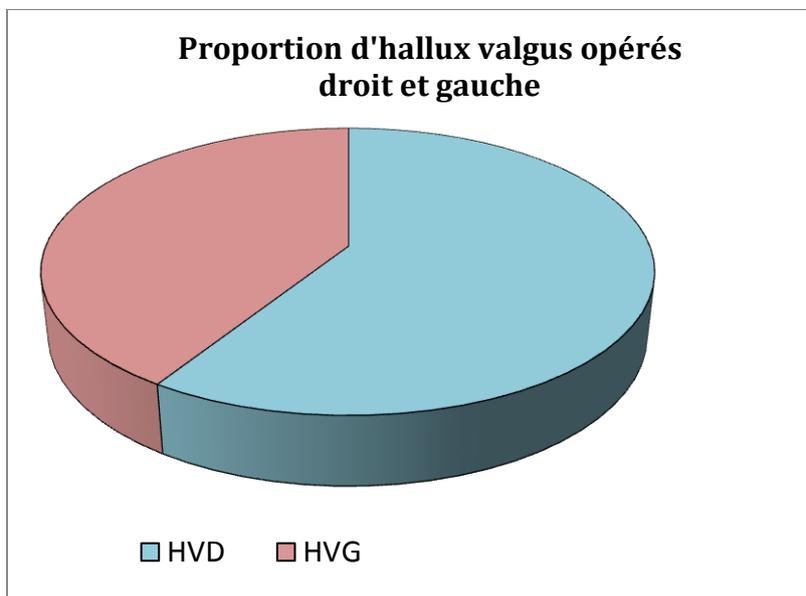
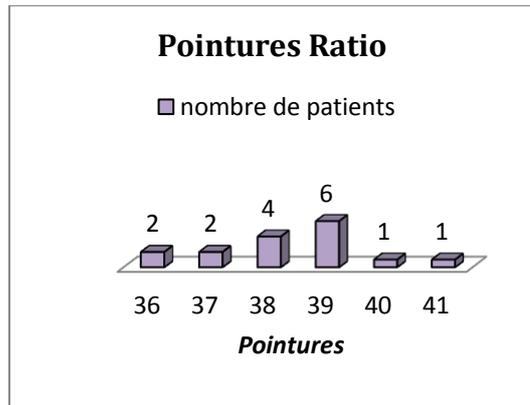
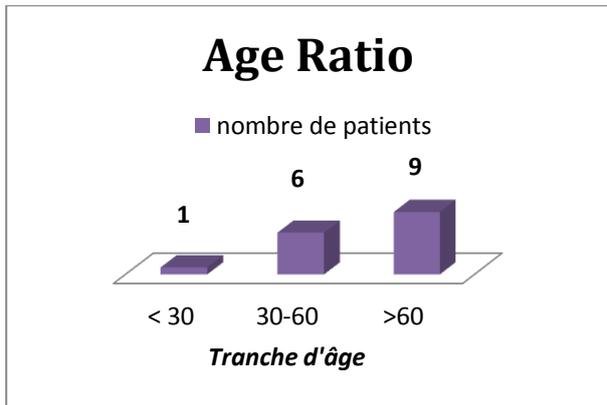


Figure 37 : Goniométrie de la première articulation métatarso-phalangienne.

## Annexe 5 : Résultats

---

## 5A- Caractéristiques des patients:



**5B- Tableau récapitulatif des données baropodométriques aux quatre temps : T0, T1, T2 et T3 pour les patients du groupe témoin (T) et du groupe expérimental (E) :**

	T0			T1			T2			T3		
	surface en cm carré	pmax en Kpa	force en N	surface en cm carré	pmax en Kpa	force en N	surface en cm carré	pmax en Kpa	force en N	surface en cm carré	pmax en Kpa	force en N
<b>E1</b>	6	93,1	55,86	0	0		6	44,9	26,94	8	134	107,2
<b>E2</b>	7	80,7	56,49	0	0		8	77,9	62,32	9	95,4	85,86
<b>E3</b>	6	86,9	52,14	0	0		2	24,7	4,94	3	53,4	16,02
<b>E4</b>	9	92,5	83,25	0	0		5	52,2	26,1	8	89,5	71,6
<b>E5</b>	9	97,8	88,02	0	0		8	71,6	57,28	11	92	101,2
<b>E6</b>	8	91,2	72,96	0	0		3	42,5	12,75	5	67	33,5
<b>E7</b>	8	83,5	66,8	0	0		7	72,6	50,82	8	108,3	86,64
<b>E8</b>	8	87,3	69,84	0	0		8	63	50,4	8	91,7	73,36
<b>moyenne</b>			<b>68,17</b>						<b>36,44375</b>			<b>71,9225</b>
<b>écart type</b>			<b>13,0600711</b>						<b>21,568421</b>			<b>31,883899</b>
<b>T1</b>	6	68,6	41,16	0	0		5	38,7	19,35	3	58,8	17,64
<b>T2</b>	8	113,8	91,04	0	0		9	79,3	71,37	8	115,6	92,48
<b>T3</b>	9	79,5	71,55	0	0		2	15,2	3,04	2	31,8	6,36
<b>T4</b>	8	46,7	37,36	0	0		2	59,6	11,92	2	40,4	8,08
<b>T5</b>	7	119,3	83,51	0	0		7	89,9	62,93	8	117	93,6
<b>T6</b>	8	90,1	72,08	0	0		6	42,7	25,62	7	71,4	49,98
<b>T7</b>	8	112,9	90,32	0	0		4	63,3	25,32	3	78,2	23,46
<b>T8</b>	5	103	51,5	0	0		5	48,2	24,1	6	69,9	41,94
<b>moyenne</b>			<b>67,315</b>						<b>30,45625</b>			<b>41,6925</b>
<b>écart type</b>			<b>21,46932829</b>						<b>24,015601</b>			<b>35,115392</b>

## 5C- Critère de jugement secondaire

*Est-ce que le renforcement musculaire des fléchisseurs du premier rayon intégré aux séances de rééducation des patients présentant un hallux valgus non congénital réduit chirurgicalement modifie la répartition des pressions plantaires en charge ?*

Le Critère de jugement secondaire est *la répartition des pressions plantaires en charge en statique.*

Condition de réalisation :

### **Environnement**

Pièce calme à température ambiante, éclairage naturel, aucune perturbation visuelle et auditive.

Plate-forme placée au sol à 1m du mur.

Plate-forme reliée à un ordinateur et son logiciel « presscam » posé sur une table sur la droite.

### **Installation du patient :**

Patient pieds nus.

Patient en charge sur la plate-forme.

Le patient regarde la cible au mur face à lui.

Le patient se tient bien droit

Bras le long du corps, pouce en avant.

Pied placé à égal distance de témoins frontaux et sagittaux sur la plate-forme.

Le patient reste statique et en silence.



**Figure 38 : Mesure statique.**

### **Consigne**

« A mon signal vous regardez droit devant vous, vous ne parlez ni ne bougez pendant 5 secondes... Vous êtes prêt ?... TOP c'est parti ! »

### **Durée de la prise de mesure**

5 secondes

### **Nombre de mesure effectuée**

2

### **Mesure retenue**

La deuxième

Résultats

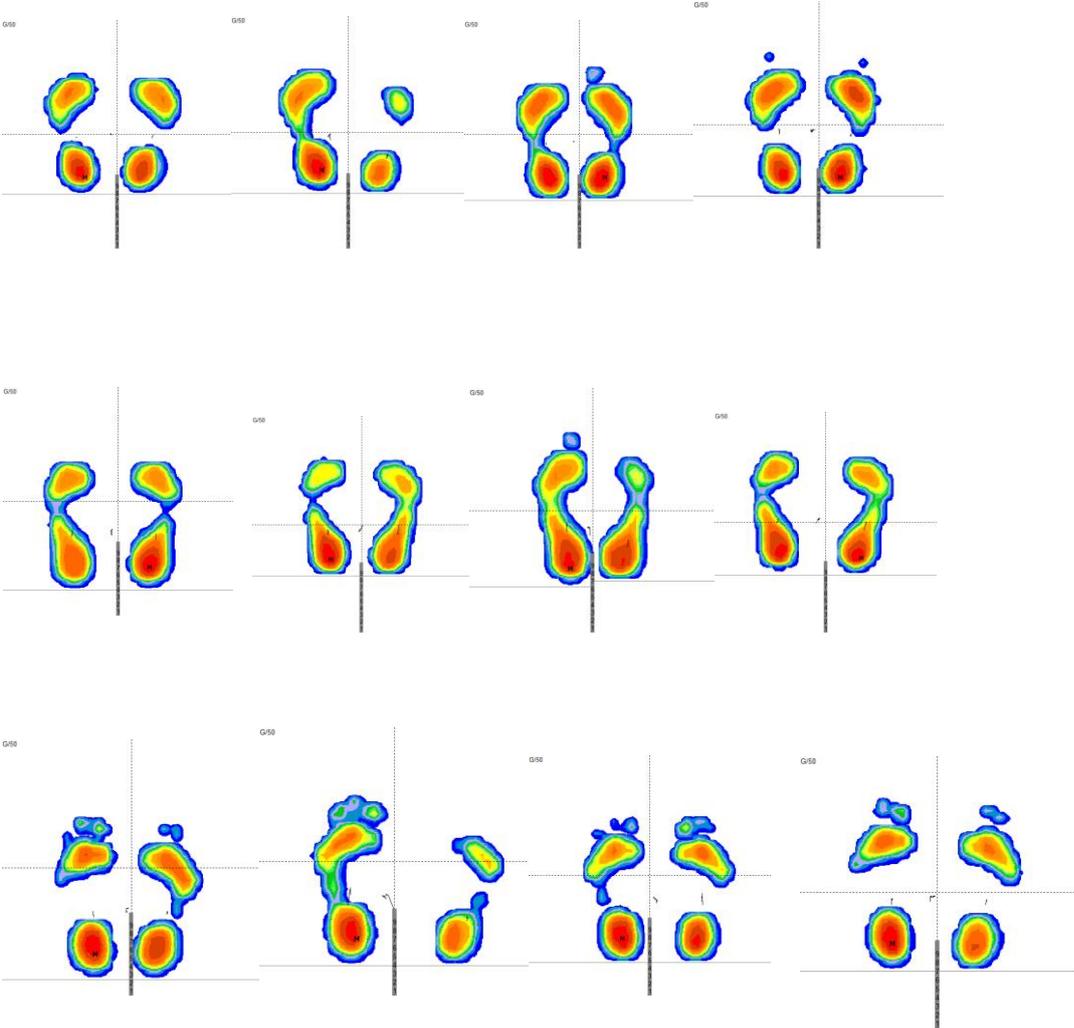


Figure 39 : Répartition des pressions plantaires à T0, T1, T2 et T3 mesurée sur des patients porteurs d'un hallux valgus à l'aide d'une plate-forme de baropodométrie.