RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou Faculté de Médecine Département de Médecine



THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES MEDICALES

Thème

Résultats anatomo-radiologiques et fonctionnels de la correction tridimensionnelle de l'hallux valgus par ostéotomie métatarsienne type SCARF et ses variantes

Présentée par
Dr. RACHEK Azzedine
Maitre-Assistant en Chirurgie Orthopédique et Traumatologique

Directeur de thèse: Professeur MEDJANI Said. Professeur en Chirurgie Orthopédique et Traumatologique

Jury:

Président:

Professeur HAMDAOUI Tahar : Faculté de médecine de Blida.

Membres:

Professeur KARA Zoubir : Faculté de médecine d'Alger I.

Professeur LAZAR Ahmed Mohamed : Faculté de médecine d'Alger I

Professeur SLIMANI Yazid : Faculté de médecine de Tizi-Ouzou.

Présentée et soutenue publiquement le 15 Avril 2024

Remerciements

A mon maitre et Directeur de thèse Le Professeur MEDJANI SAID.

Vous m'avez guidé et accompagné tout au long de ce travail et bien plus et vos encouragements, vos soutiens et vos conseils n'ont jamais fait défaut.

Plus qu'un Directeur de thèse, vous avez été et vous serez toujours pour moi un enseignant, un ainé, un maitre, un motivateur, un grand frère, un ami, un guide parfait dans toutes mes démarches professionnelles.

Au Professeur HAMDAOUI TAHAR.

Nous vous exprimons notre profond respect et notre considération pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de présider le jury de notre thèse. Nous vous remercions pour les enrichissements que vous avez apportés à ce travail avec toute la pertinence et la rigueur scientifique qu'on vous reconnait.

Au Professeur KARA ZOUBIR.

Nous sommes à la fois très fiers et très honorés de votre présence dans le jury de notre thèse. Vos qualités humaines, votre disponibilité et vos encouragements pour les jeunes sont reconnus de tous. Vos remarques et suggestions pertinentes et votre expertise ont été d'un grand intérêt pour améliorer ce travail.

Au Professeur LAZAR AHMED MOHAMED.

Nous vous sommes très reconnaissants d'avoir accepté d'examiner et de juger notre travail avec votre rigueur professionnelle et vos observations avisées. La facilité avec laquelle vous avez accepté d'améliorer notre travail nous touche profondément.

Au Professeur SLIMANI YAZID.

Votre présence dans le jury de notre thèse est un honneur et une récompense. Vos conseils ont toujours été précieux et votre implication dans ce travail et vos enseignements nous ont été très utiles pour élargir nos perspectives sur le sujet.

Je remercie également

Tous mes confrères (Assistants, résidents, internes).

L'équipe d'anesthésie-réanimation du service de Chirurgie Orthopédique, Traumatologique et Réparatrice du Centre Hospitalier Universitaire de Tizi-Ouzou, ainsi que tout le personnel paramédical et surtout l'équipe du bloc opératoire pour votre soutien et votre disponibilité.

Le Dr DEBIANE (radiologue) et son équipe.

Le personnel administratif de la Faculté de médecine de Tizi-Ouzou.

Tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à ce travail.

Dédicaces

A la mémoire de mon père et de ma mère.

Cher père et chère mère...

Vous avez été des parents exemplaires qui m'ont inculqué les principes et les valeurs qui m'ont permis d'arriver là où je suis

Votre absence à ma soutenance me laissera sans doute un vide.

A la mémoire de ma sœur Nadia décédée trop tôt.

A mon épouse qui n'a jamais cessé de m'encourager, me soutenir et me fournir l'énergie et la motivation qu'il me fallait.

A mes enfants, en qui je trouve mon inspiration.

A mes sœurs en particulier Ferroudja et mon frère Abdelghani pour leur présence et leurs soutiens inconditionnels.

A mes amis (es).

A mes confrères en particulier : Toufik Slim et Meziane.

A mes enseignants et maitres.

A mes étudiants en qui je trouve ma motivation de toujours aller de l'avant.

Table des matières

Liste des abréviations Liste des figures Liste des graphes Liste des tableaux

Etude théorique :

I. Introduction	1
II. Problématique	3
III. Historique	4
A. Histoire des interventions radicales	4
B. Histoire des interventions conservatrices	5
IV. Définition.	8
V. Epidémiologie	9
VI. Anatomie	10
VI.1. Anatomie de l'arrière-pied	11
VI.2. Anatomie de l'avant-pied	11
A. Le premier rayon	11
1. Ostéologie:	11
2. Syndesmologie	13
B. Les rayons latéraux	14
1. Ostéologie	14
2. Syndesmologie	15
C. Myologie du pied	17
1. Les muscles extrinsèques	17
2. Les muscles intrinsèques	21
D. Vascularisation de l'avant-pied	24
1. Vascularisation artérielle	24
2. Vascularisation artérielle distale du premier métatarsien	27
3. Vascularisation veineuse	28
E. Innervation de l'avant-pied	28
VII. Biomécanique	32
A. Les fonctions du pied	32
B. Importance biomécanique de la parabole distale	33
C. Physiologie de la MTP1	34
1. Mobilité de la MTP1	35
2 Stabilité de la MTP1	36

VIII. Etiologies	37
1. L'hérédité	37
2. Prédisposition génétique	37
3. Rôle de la chaussure	37
4. Facteurs morphologiques constitutionnels	38
5. Les facteurs dynamiques	39
6. Les étiologies particulières	39
IX. Anatomopathologie	40
1. Sur le plan ostéo-articulaire	40
2. Lésions capsulo-ligamentaires	41
3. Lésions musculo-tendineuses	41
4. Réactions cutanées et sous cutanées	42
5. Retentissement sur les rayons latéraux	43
X. Etude clinique	45
A. Interrogatoire	45
1. Informations personnelles	45
2. Motifs de consultation.	45
B. Examen clinique	46
1. En décubitus dorsal	46
2. Debout	51
3. A la marche	51
C. Examen psychologique	51
XI. Etude radiologique	52
A. Le bilan radiologique à demander	52
B. Protocole de réalisation des radiographies	53
C. Résultats et interprétation radiologique	54
1. Radiographie de face en charge	55
2. Radiographie de profil en charge	62
3. Incidence sésamoïdienne de GUNTZ	64
XII. Formes radio-cliniques	66
1. Hallux valgus congénital du sujet jeune	66
2. Hallux valgus modéré ou débutant	66
3. Hallux valgus sur avant-pied triangulaire	66
4. Hallux valgus arthrosique	67
5. Hallux valgus majeur du sujet âgé	68
6. Hallux valgus sur pied laxe avec valgus de l'arrière pied	68

7. Hallux valgus et pied spastique	68
8. Hallux valgus selon classifications	68
XIII. Traitement de l'hallux valgus	69
XIII.1. Traitement non chirurgical	69
XIII.2. Traitement chirurgical	69
XIII.2.1. Buts du traitement	70
XIII.2.2. Techniques et procédés	70
A. Les interventions radicales	70
1. Résections arthroplastiques	70
2. Arthrodèse métatarso-phalangiènne	71
3. Prothèse métatarso-phalangienne	72
B. Les interventions conservatrices	72
1. Arthrolyse latérale : libération latérale	72
2. Exostosectomie	74
3. Remise en tension médiale	74
4. Correction de la déformation	75
4.1. Interventions sur les parties molles péri-articulaires	75
4.1.1 Technique de KELLER-BRANDES-LELIEVRE	75
4.1.2 Technique de PETERSEN	75
4.1.3 Intervention de MAC BRIDE	76
4.2. Les interventions avec action sur l'os	78
4.2.1. Ostéotomie du cunéiforme médial	78
4.2.2. Arthrodèse cunéo-métatarsienne	78
4.2.3. Ostéotomie de la première phalange	79
4.2.4. Ostéotomies métatarsiennes	81
a. Ostéotomies distales cervico-céphaliques	81
a.1 Ostéotomie de RIVERDIN et de RIVERDIN –ISHAM	81
a.2 Ostéotomie de HOHMANN (1920)	82
a.3 Ostéotomie de MITCHELL	82
a.4 Ostéotomie de WILSON	82
a.5 Ostéotomie de BOSCH	83
a.6 Ostéotomie en chevron d'AUSTIN	83
b. Ostéotomies proximales basi-métatarsiennes	84
b.1 Ostéotomie proximale de fermeture latérale	84
b.2 Ostéotomie proximale d'ouverture médiale	85
b.3 Ostéotomie proximale curviligne de M1	85
b.4 Ostéotomie proximale en chevron	86
c. Ostéotomie bipolaire métatarsienne	86
d. Ostéotomies diaphysaires	86
d.1 Ostéotomie de LUDLOFF	86
d.2 Ostéotomie de MAU	87
d 3 Ostéotomie SCARF	87

C. Rééducation fonctionnelle	88
XIII.2.3. Les indications	89
XIV. Complications	90
Etude pratique:	
I. Matériels et méthodes	94
A. Matériels	94
B. Méthodes	94
II. Objectifs de l'étude	100
A. Objectif principal	100
B. Objectifs secondaires	100
III. Population de l'étude	100
A. Critères d'inclusion	100
B. Critères d'exclusion	100
IV. Présentation de la série	101
1. Données épidémiologiques	101
1.1. Répartition selon l'âge	101
1.2. Répartition selon le genre	102
1.3. Répartition selon le côté atteint	103
2. Données cliniques	104
2.1. Données anamnestiques	104
2.1.1. Répartition selon la présence d'antécédents familiaux d'hallux valgus	104
2.1.2. Répartition selon les comorbidités	105
2.1.3. Répartition selon le motif de consultation	106
2.2. Examen physique	107
2.2.1. Répartition selon le morphotype du pied	107
2.2.2. Les caractéristiques cliniques de l'hallux valgus	109
3. Données radiologiques	111
3.1. Bilan radiologique demandé	111
3.2. Etat de l'articulation MTP1	111
3.3. Etat de l'articulation inter-phalangienne	111
3.4. Position des sésamoïdes	112
3.5. Mesures angulaires préopératoires	112
3.6. Classification de COUGHLIN	114
4. Planification préopératoire	115

5. Procédure chirurgicale	116
A. Technique opératoire de l'ostéotomie SCARF	116
1. Anesthésie	116
2. Installation	116
3. Libération métatarso-sésamoïdo-phalangiènne latérale	117
4. Ostéotomie de M1	118
5. La fixation	135
6. Résection distale du fragment cortical supérieur	139
7. Retension tissulaire médiale	140
8. Suture cutanée	142
9. Pansement	142
10. Suites opératoires	143
B. Complications et incidents peropératoires	144
V. Résultats	145
1. Recul de l'étude	145
2. Durée opératoire	145
3. Complications postopératoires	147
4. Résultats radiologiques	149
4.1. Articulation MTP1	150
4.2. Articulation inter-phalangienne	151
4.3. Position des sésamoïdes	152
4.4. Répartition selon la qualité de la fixation	154
4.5. Mesures angulaires	155
a. Résultats de l'angle du valgus métatarso-phalangien (HVA)	155
b. Résultats de l'angle inter-métatarsien (IMA)	156
c. Résultats de l'angle inter-phalangien (IPA)	157
d. Résultats de l'angle d'étalement métatarsien (M1-M5)	158
e. Résultats de l'angle de la surface articulaire distale de M1 (DMAA)	159
f. Résultats de l'angle de la surface articulaire de M1 par rapport à l'axe de M2	
(DM2AA)	160
g. Résultats de l'angle cunéo-métatarsien (ACM)	161
h. Résultats de l'angle d'inclinaison de la surface distale du cunéiforme (AISADC)	162
i. Résultats de l'angle d'inclinaison de la base de M1 (AIBM1)	163
j. Résultats de l'angle de DJIAN-ANNONIER	164
k. Résultats de l'angle de rotation des sésamoïdes (SRA)	165
1. Résultats de l'angle de rotation métatarsienne (MRA)	166
5. Résultats cliniques	167
5.1 Résultats esthétiques	167
5.2 Résultats sur la douleur	168
5.3 Résultats sur le chaussage	168
5.4 Indice de satisfaction	169
5.5 Résultats selon le score fonctionnel de KITAOKA de l'AOFAS	170

V. Discussion	171
1. Données épidémiologiques	171
1.1. Age	171
1.2. Sexe	172
1.3. Côté	173
2. Données cliniques	174
2.1. Antécédents familiaux d'hallux valgus	174
2.2. La présence de comorbidités	174
2.3. Motifs de consultation	176
2.4. Morphotype du pied	177
2.5. Caractéristiques cliniques de l'hallux valgus	178
3. Données radiologiques préopératoires	179
3.1. Bilan radiologique demandé	179
3.2. Articulations MTP1 et IP en préopératoire	180
3.3. Position des sésamoïdes en préopératoire	180
3.4. Les mesures angulaires préopératoires	181
3.5. Classification de Coughlin	183
4. Planification préopératoire	183
5. Procédure chirurgicale	184
5.1. Anesthésie	184
5.2. Installation	184
5.3. La libération latérale	185
5.4. Abord de M1	185
5.5. Exostosectomie	186
5.6. Ostéotomie	186
5.7. Mode de fixation	187
5.8. Temps opératoire	188
5.9. Suivi postopératoire précoce	189
5.10. Incidents peropératoires	189
6. Complications	190
6.1. Complications liées à l'anesthésie	191
6.2. Complications locales	191
7. Résultats radiologiques post-opératoires	193
7.1. Résultats radiologiques des articulations MTP1 et IP	193
7.2. Position des sésamoïdes	194
7.3. Qualité de la fixation	194
7.4. Evaluation des mesures angulaires post-opératoires	194
7.4.1. Mesures angulaires des principaux paramètres	196
a. Comparaison de l'angle du valgus métatarso-phalangien (HVA)	197

b. Comparaison de l'angle inter-métatarsien (IMA)	198
c. Comparaison de l'angle inter-phalangien (IPA)	199
d. Comparaison de l'angle d'étalement métatarsien (M1-M5)	200
e. Comparaison de l'angle de la surface articulaire distale de M1 (DMAA)	201
f. Comparaison de l'angle de la surface articulaire distale de M1 par rapport à l'axe	
de M2 (DM2AA)	202
7.4.2. Mesures angulaires des paramètres secondaires	203
a. Angle de DJIAN ANNONIER	203
b. Angle cunéo-métatarsien (ACM)	203
c. Angle d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme (AISADC)	203
d. Angle d'inclinaison de la base de M1 (AIBM1)	204
e. Angle de rotation sésamoïdienne (ARS)	204
f. Angle de rotation métatarsienne (ARM)	204
8. Résultats cliniques et fonctionnels post-opératoires	205
8.1. Indice de satisfaction :	205
8.2. Score KITAOKA de l'AOFAS	206
0.2. Score INT/10I/1 de 1/101/15	200
VI. Recommandations et perspectives.	207
VII. Conclusion	211
VII. Conclusion	211
Annexes	213
Références bibliographiques	220
2-2-2-2-2-2-1-1-1-2-3-1-1-1-1-1-1-1-1-1-	0
Résumé	233

Liste des abréviations

Abd H: Muscle abducteur de l'hallux.

ACM: Angle cunéo-métatarsien.

ADA: Angle de DJIAN-ANNONIER.

Add H: Muscle adducteur de l'hallux.

AFCP : Association Française de Chirurgie du Pied.

AIBM1: Angle d'inclinaison de la base de M.

AISADC: Angle de la surface articulaire distale du cunéiforme.

AND: Algoneurodystrophie.

AOFAS: American Orthopedic Foot & Ankle Society.

AOMI : Artériopathie oblitérante des membres inférieurs.

AVK: Anti-vitamine K.

DMAA: Angle de la surface articulaire distale de M1.

DM2AA: Angle de la surface articulaire de M1 par rapport à l'axe de M2.

HBPM: Héparine de bas poids moléculaire.

HVA: Valgus métatarso-phalangien de l'hallux.

HV: Hallux valgus.

ILMI: Inégalité de longueur des membres inférieurs.

IMA: Angle intermétatarsien.

IPA: Angle inter-phalangien.

IP: Articulation inter-phalangienne de l'hallux.

IPD: Articulation inter-phalangienne distale.

IPP: Articulation inter-phalangienne proximale.

LFH: Muscle long fléchisseur de l'hallux

LEH: Muscle long extenseur de l'hallux.

M₁: Première métatarsien.

M₂: Deuxième métatarsien.

M3: Troisième métatarsien

M4: Quatrième métatarsien

M5: Cinquième métatarsien

M₁M₅: Angle d'étalement métatarsien.

MOS: Matériel d'ostéosynthèse.

MRA: Angle de rotation métatarsienne.

MTP1: Première articulation métatarso-phalangienne (articulation métatarso-phalangienne de premier rayon).

MTP2: Articulation métatarso-phlangienne du 2^{ème} rayon.

MTP: Articulations métatarso-phalangiennes des rayons latéraux.

O₁; O₂; O₃; O₄; O₅: Premier; deuxième; troisième; quatrième et cinquième orteil.

ONTM1: Ostéonécrose de la tête du premier métatarsien.

P1: Première phalange (ou phalange proximale).

P2: Deuxième phalange (ou phalange intermédiaire pour les orteils latéraux, ou phalange distale pour l'hallux).

P3: Troisième phalange (ou phalange distale) pour les rayons latéraux.

PSD: Pseudarthrose.

SRA: Angle de rotation des sésamoïdes.

R1, R2, R3, R4, R5: Premier, deuxième, troisième, quatrième et cinquième rayons.

SFAR: Société Française d'Anesthésie Réanimation.

Liste des figures

- Figure 01 : Carl HUETER.
- Figure 02: Promoteurs du SCARF.
- Figure 03: Hallux valgus.
- Figure 04: Vue d'ensemble du pied.
- Figure 05: Premier métatarsien.
- Figure 06: Articulation cunéo-métatarsienne médiale.
- **Figure 07:** Articulation MTP1.
- Figure 08: Arthrologie du pied.
- Figure 09: Muscles antérieurs.
- Figure 10: Muscles latéraux.
- Figure 11: Muscles postérieurs.
- Figure 12: Muscles dorsaux.
- Figure 13 : Muscles de la région plantaire médiale.
- Figure 14 : Muscles de la région plantaire intermédiaire.
- Figure 15 : Muscles de la région plantaire latérale.
- Figure 16 : Vascularisation artérielle dorsale du pied (artère dorsale du pied)
- Figure 17 : Vascularisation artérielle plantaire.
- Figure 18 : Vascularisation artérielle de M1.
- Figure 19 : Réseau veineux très développé chez une malade
- Figure 20: Innervation du pied.
- **Figure 21 :** Innervation sensitive du pied.
- Figure 22: Les arches du pied.
- **Figure 23 :** Courbe de Maestro.
- **Figure 24 :** Mesure des amplitudes articulaires passives de la MTP1.
- Figure 25 : Pied chaussé et radiographie du pied avec la chaussure.
- Figure 26: Exostose sur une radiographie de face.
- Figure 27 : Subluxation des sésamoïdes.
- Figure 28 : La corde à arc des tendons
- Figure 29 : Retentissement de l'hallux valgus
- Figure 30 : Schéma récapitulatif de l'anatomopathologie de l'hallux valgus
- Figure 31 : Serrage de la palette métatarsienne.
- **Figure 32 :** Mesure des amplitudes articulaires de la MTP1.
- Figure 33: Hallux valgus évolué (déformation, pronation, bursite).
- Figure 34 : Instabilité cunéo-métatarsienne.
- Figure 35: Supraductus et infraductus.
- Figure 36: Canon du pied.
- **Figure 37 :** Quintus varus.
- Figure 38 : Hyperkératose, durillons et cors.
- Figure 39: Manœuvre SILFVERSKIOLD.
- Figure 40: Outils des mesures radiologiques manuelles.
- Figure 41 : Radiographie dorso-plantaire de face en charge, technique et cliché.
- Figure 42 : Radiographie du pied de profil en charge, technique et cliché.

- Figure 43 : Incidence des sésamoïdes de GUNTZ, technique et cliché.
- Figure 44 : Calcul du HVA sur le cliché radiologique de face par les deux méthodes.
- **Figure 45 :** Cliché radiologique pour les deux angles (métatarsus varus et métatarsus adductus).
- Figure 46: Les trois angles phalangiens.
- Figure 47: Mesure du DMAA.
- Figure 48: Mesure du DM2AA.
- Figure 49 : Mesure de l'étalement de la palette métatarsienne.
- Figure 50 : Radiographie de la formule métatarsienne avec les angles.
- Figure 51: Congruence articulaire.
- Figure 52 : Mesure du raccourcissement à effectuer par rapport à la distance ms.
- Figure 53: Luxation des sésamoïdes.
- Figure 54 : Mesures angulaires de l'articulation cunéo-métatarsienne.
- **Figure 55 :** Radiographie de profil en charge.
- Figure 56 : Déplacement des sésamoïdes par rapport à la crête sésamoïdienne.
- Figure 57 : Mesure de l'angle de rotation sésamoïdienne.
- Figure 58 : Mesure de l'angle de rotation métatarsienne.
- Figure 59: Formes cliniques et radiologiques.
- Figure 60 : Orthèses pour hallux valgus.
- Figure 61: Les résections arthroplastiques.
- Figure 62 : Arthrodèse métatarso-phalangienne.
- Figure 63: Libération latérale.
- Figure 64 : Arthrolyse latérale.
- Figure 65: Exostosectomie.
- Figure 66 : Remise en tension médiale.
- Figure 67: Technique de KELLER-BRANDES-LELIEVRE.
- Figure 68: Technique de PETERSEN.
- Figure 69 : Opération de Mac Bride et variétés d'amarrage du transplant.
- Figure 70 : Arthrodèse cunéo-métatarsienne.
- Figure 71 : Ostéotomies de P1.
- **Figure 72 :** Ostéotomie de varisation de P1, radiographie préopératoire et radiographie postopératoire (SCARF autostable et ostéotomie de varisation de P1 fixée par ostéosynthèse par une vis).
- Figure 73 : Ostéotomie de RIVERDIN.
- Figure 74: Ostéotomie d'ISHAM- RIVERDIN.
- Figure 75 : Ostéotomie de HOHMANN.
- Figure 76 : Ostéotomie de MITCHELL.
- Figure 77 : Ostéotomie de WILSON.
- Figure 78 : Ostéotomie de BOSCH.
- Figure 79 : Ostéotomie en chevron d'AUSTIN.
- Figure 80 : Ostéotomie proximale de fermeture latérale.
- Figure 81 : Ostéotomie proximale d'ouverture médiale.
- Figure 82 : Ostéotomie basi-métatarsienne et basi-phalangienne de DELAGOUTTE.
- Figure 83 : Ostéotomie proximale curviligne de M1.

- Figure 84 : Ostéotomie proximale en chevron.
- Figure 85 : Ostéotomie bipolaire métatarsienne.
- Figure 86 : Ostéotomie de LUDLOFF.
- Figure 87 : Ostéotomie de MAU.
- Figure 88 : Trait de JUPITER et ostéotomie SCARF.
- **Figure 89 :** Radiographies d'une ostéotomie SCARF associée à une ostéotomie de varisation de P1.
- Figure 90 : Œdème chronique.
- Figure 91 : Hallux varus iatrogène.
- Figure 92 : Installation et position du garrot.
- Figure 93 : Table d'instrumentation et matériel ancillaire.
- **Figure 94 :** Réduction passive de l'HV et réduction de l'HV par pression de la palette métatarsienne.
- Figure 95 : La voie d'abord médiale.
- Figure 96 : Mise en évidence de la bursite.
- Figure 97 : Aspect final de la voie médiale avec les décollements.
- Figure 98 : Exostosectomie peropératoire.
- Figure 99 : Schéma du trait SCARF (avec les mesures repères)
- Figure 100 : Modification de l'obliquité du trait transversal.
- Figure 101 : Réalisation des traits transversaux.
- Figure 102 : Distraction du foyer d'ostéotomie avant la mobilisation des fragments.
- Figure 103: Translation latérale.
- Figure 104 : Illustrations des translations latérales.
- **Figure 105 :** Abaissement qui accompagne la translation latérale par la présence de la poutre latérale
- Figure 106 : Supination du fragment céphalique.
- Figure 107 : Différentes façons d'obtenir un raccourcissement.
- Figure 108 : Position du sésamoïde médial en peropératoire après correction.
- Figure 109 : Test de la simulation de charge en peropératoire.
- Figure 110 : Flexion dorsale passive en peropératoire.
- Figure 111 : Flexion plantaire passive en peropératoire.
- Figure 112: Fixation temporaire par davier VS SCARF autostable.
- Figure 113 : Différentes séquences du vissage.
- Figure 114 : Résection du fragment dorsal avec lame de scie oblique.
- Figure 115 : Emondage des arêtes osseuses.
- Figure 116 : Remise en tension médiale.
- Figure 117 : Test et reglage de la remise en tension médiale.
- Figure 118 : Aspect final de la remise en tension médiale.
- Figure 119 : Suture cutanée.
- Figure 120: Pansement.
- Figure 121 : Chaussure de BAROUK.
- Figure 122 : Malade avec chaussure de BAROUK et appui immédiat à J1 postopératoire.

Liste des graphes

- Graphe 01: Répartition des proportions selon les tranches d'âge.
- Graphe 02: Répartition selon la moyenne d'âge.
- Graphe 03: Répartition selon le genre.
- Graphe 04: Répartition selon le côté atteint.
- Graphe 05: Répartition du côté opéré selon le nombre.
- Graphe 06 : Répartition du côté opéré en pourcentage.
- Graphe 07: Répartition selon la présence d'antécédents familiaux d'hallux valgus.
- Graphe 08: Répartition selon la proportion des malades avec ou sans pathologies associées.
- Graphe 09: Répartition selon le motif de consultation.
- Graphe 10 : Répartition selon le morphotype du pied.
- **Graphe 11:** Nombre de malade par morphotype du pied.
- Graphe 12 : Répartition du morphotype du pied selon le côté atteint.
- Graphe 13 : Caractéristiques cliniques de l'hallux valgus.
- Graphe 14: Répartition selon la classification de Coughlin.
- **Graphe 15 :** Compatibilité entre la planification préopératoire et les actes peropératoires avec les gestes associés.
- Graphe 16 : Comparaison du nombre de gestes associés planifiés et réalisés.
- **Graphe 17 :** Compatibilité entre la planification préopératoire et les actes peropératoires sans les gestes associés.
- **Graphe 18 :** Compatibilité de la planification préopératoire et la correction réalisée selon la bilatéralité.
- **Graphe 19 :** Répartition selon le mode de fixation.
- Graphe 20 : Répartition des hallux valgus autostables selon la sévérité de l'HV.
- Graphe 21: Recul de l'étude.
- Graphe 22 : Moyenne du temps opératoire.
- Graphe 23 : Répartition du nombre de cas par intervalle de temps opératoire.
- Graphe 24: Répartition selon les séquelles fonctionnelles.
- **Graphe 25 :** Représentation graphique des résultats sur l'articulation MTP1.
- Graphe 26: Représentation graphique des résultats sur l'articulation IP.
- **Graphe 27 :** Répartition selon la position des sésamoïdes.
- **Graphe 28 :** Variation de la position des sésamoïdes en postopératoire.
- Graphe 29 : Répartition selon la qualité de fixation.
- Graphe 30 : Résultats de la variation de l'HVA.
- Graphe 31 : Résultats de la variation de l'IMA.
- Graphe 32: Résultats de la variation de l'IPA.
- **Graphe 33 :** Résultats de la variation de l'angle M1-M5.
- Graphe 34 : Résultats de la variation du DMAA.
- Graphe 35: Résultats de la variation du DM2AA.
- **Graphe 36 :** Résultats de la variation de l'angle cunéo-métatarsien.
- **Graphe 37 :** Résultats de la variation de l'angle d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme.
- **Graphe 38 :** Résultats de la variation de l'angle d'inclinaison de la base de M1.

Graphe 39 : Résultats de la variation de l'angle de DJIAN-ANNONIER.

Graphe 40: Résultats de la variation de l'angle de rotation des sésamoïdes (SRA).

Graphe 41 : Résultats de la variation de l'angle de rotation métatarsienne.

Graphe 42 : Résultats esthétiques à 3 mois et 6 mois.

Graphe 43 : Résultats sur la douleur à 3 mois et 6 mois.

Graphe 44 : Résultats sur le chaussage à 3 mois et 6 mois.

Graphe 45 : Indice de satisfaction à 3 mois.

Graphe 46 : Indice de satisfaction à 6 mois.

Graphe 47: Score fonctionnel KITAOKA à 3 et à 6 mois.

Liste des tableaux

- **Tableau 01 :** Résultats de la méta-analyse de NIX (2010)
- Tableau 02: Répartition des comorbidités.
- **Tableau 03 :** Répartition selon le motif de consultation.
- Tableau 04 : Caractéristiques cliniques de l'hallux valgus.
- **Tableau 05 :** Etat préopératoire de l'articulation MTP1.
- **Tableau 06 :** Etat préopératoire de l'articulation IP.
- Tableau 07: Position des sésamoïdes en préopératoire.
- Tableau 08: Mesures angulaires préopératoires.
- Tableau 09 : Répartition des hallux valgus selon la classification de Coughlin.
- Tableau 10 : Répartition des gestes de la planification préopératoire.
- Tableau 11 : Comparaison des gestes de corrections planifiés avec les gestes réalisés.
- **Tableau 12 :** Compatibilité de la planification préopératoire et la correction réalisée selon la bilatéralité.
- Tableau 13: Position optimale des vis du SCARF.
- Tableau 14 : Répartition du mode de fixation selon le côté.
- **Tableau 15 :** Complications et incidents peropératoires.
- **Tableau 16:** Complications postopératoires.
- **Tableau 17 :** Séquelles sans retentissement fonctionnel.
- Tableau 18: Séquelles avec retentissement fonctionnel.
- **Tableau 19:** Résultats sur l'articulation MTP1.
- Tableau 20: Résultats sur l'articulation IP.
- Tableau 21 : Position des sésamoïdes.
- **Tableau 22 :** Variation de la position des sésamoïdes.
- Tableau 23: Résultats de la variation de l'HVA.
- **Tableau 24 :** Résultats de la variation de l'IMA.
- Tableau 25 : Résultats de la variation de l'IPA.
- **Tableau 26 :** Résultats de la variation de l'angle M1-M5.
- Tableau 27: Résultats de la variation du DMAA.
- Tableau 28: Résultats de la variation du DM2AA.
- Tableau 29 : Résultats de la variation de l'angle cunéo-métatarsien.
- **Tableau 30 :** Résultats de la variation de l'angle d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme.
- **Tableau 31 :** Résultats de la variation de l'angle d'inclinaison de la base de M1.
- Tableau 32 : Résultats de la variation de l'angle de DJIAN-ANNONIER.
- Tableau 33 : Résultats de la variation de l'angle de rotation des sésamoïdes.
- Tableau 34 : Résultats de la variation de l'angle de rotation métatarsienne.
- Tableau 35 : Comparaison de l'âge.
- **Tableau 36 :** Comparaison de la répartition selon le sexe.
- **Tableau 37 :** Comparaison selon le côté.
- **Tableau 38 :** Comparaison de la présence d'antécédents familiaux d'HV.
- Tableau 39 : Comparaison de la douleur dans différentes études.

- **Tableau 40 :** Comparaison selon le morphotype du pied.
- Tableau 41 : Comparaison des mesures angulaires préopératoires.
- **Tableau 42 :** Moyenne des mesures angulaires préopératoires des paramètres radiologiques secondaires.
- Tableau 43 : Comparaison de la répartition selon la classification de Coughlin.
- Tableau 44 : Comparaison du mode de fixation.
- **Tableau 45 :** Comparaison du temps opératoire.
- Tableau 46 : Comparaison des complications postopératoires.
- **Tableau 47 :** Récapitulatif des principales mesures angulaires postopératoires à 3 mois et à 6 mois.
- **Tableau 48 :** Récapitulatif des mesures angulaires postopératoires secondaires à 3 mois et à 6 mois.
- **Tableau 49 :** Comparaison des évaluations angulaires à 6 mois post-opératoires des principaux paramètres.
- **Tableau 50 :** Comparaison des valeurs postopératoires de l'angle du valgus métatarso- phalangien (HVA)
- **Tableau 51 :** Comparaison des valeurs postopératoires de l'angle inter-métatarsien (IMA).
- **Tableau 52 :** Comparaison des valeurs postopératoires de l'angle inter-phalangien (IPA).
- **Tableau 53 :** Comparaison des valeurs postopératoires de l'angle d'étalement métatarsien (M1-M5).
- **Tableau 54 :** Comparaison des valeurs postopératoires de l'angle de la surface articulaire distale de M1 (DMAA)
- **Tableau 55 :** Comparaison des valeurs postopératoires de l'angle de la surface articulaire distale de M1 par rapport à l'axe de M2 (DM2AA).
- **Tableau 56 :** Comparaison des indices de satisfaction.
- **Tableau 57:** Comparaison du score KITAOKA de l'AOFAS.

PREMIERE PARTIE ETUDE THEORIQUE

I. Introduction

L'hallux valgus bien qu'il soit connu et décrit depuis les temps anciens, c'est à **CARL HUETER** que revient la description moderne et reconnue jusqu'à nos jours.

C'est la déformation la plus fréquente de l'avant-pied, faisant intervenir plusieurs facteurs, avec un polymorphisme clinique, de nombreuses options chirurgicales, qui a suscité et qui suscite toujours l'intérêt et la curiosité. Elle est non seulement plus fréquente chez les femmes mais également plus gênante chez elles que chez les hommes et avec une demande thérapeutique plus importante.

C'est une déformation clinique et radiologique complexe, avec des expressions clinique et radiologique en rapport à la fois avec les désaxations élémentaires, leur gravité et leur importance. Le tableau clinique de l'hallux valgus est très variable pouvant être asymptomatique avec une gêne purement esthétique au début, puis devenir plus ou moins rapidement symptomatique, d'abord intéressant le premier rayon avant de toucher le deuxième rayon ou tous les rayons latéraux pour aboutir à la fin à des déformations globales de tout l'avant-pied.

Sans traitement adapté, l'hallux valgus évolue spontanément vers l'aggravation plus ou moins rapide avec à chaque fois un retentissement fonctionnel considérable, quand on reconnait le rôle important du pied et encore plus, le rôle primordial de l'hallux dans l'accélération, la marche rapide, la course à pied et la propulsion; on déduit que l'hallux est l'orteil de la performance et que celle-ci se voit altérée dans les pathologies de la première articulation métatarsophalangiènne.

Le traitement curatif de l'hallux valgus est exclusivement chirurgical et l'indication opératoire est posée en présence de mesures angulaires dépassants celles reconnues dans la définition radiologique, associées à des signes cliniques objectifs ou subjectifs. La plainte esthétique bien qu'évidente et pouvant être au premier plan, elle ne doit en aucun cas constituer un motif pour une chirurgie correctrice de l'hallux valgus, qui est et doit rester une chirurgie orthopédique intra-articulaire et fonctionnelle.

Depuis la première intervention codifiée par CARL HUETER en 1871. Beaucoup de chemin et de progrès ont été fait totalisant actuellement plus de 300 techniques chirurgicales dont certaines sont des combinaisons de techniques élémentaires et de variantes. Certaines ont été célèbres pour un temps avant d'être abandonnées définitivement ou remises au gout du jour par d'autres auteurs alors que d'autres interventions ont gardé leur succès ou voient toujours leurs succès grandir, comme c'est le cas de l'ostéotomie type SCARF qui ne cesse de s'améliorer et de séduire d'avantages de chirurgiens.

Le succès de l'ostéotomie type SCARF vient sans doute de ses nombreux avantages :

- Grande possibilité de correction pouvant être proposée à quasiment tous les types d'hallux valgus avec possibilité d'apporter des corrections isolées ou simultanées dans les trois plans de l'espace.
- La grande stabilité après réduction pouvant conduire même à se passer d'ostéosynthèse, ce qui est appelé : SCARF autostable.
- La présence de nombreuses variantes qui portent soit sur le dessin de l'ostéotomie par la position, l'étendue et l'orientation des traits, soit sur les différents déplacements guidés par une planification préopératoire clinique et surtout radiologique modifiée ou corrigée par des tests peropératoires; ou enfin par le mode de fixation.
- La rapidité de récupération et la reprise fonctionnelle précoce.

Enfin, face à ces options thérapeutiques multiples, le choix porté doit répondre à un cahier des charges où chaque déformation élémentaire doit être corrigée dans les trois plans de l'espace en tenant compte du fait que la correction d'une déformation peut modifier une autre et la correction de chaque déformation est le moyen le plus sûre pour permettre une correction complète et durable [1].

II. Problématique

L'hallux valgus est la pathologie la plus fréquente de l'avant-pied avec la demande chirurgicale la plus fréquente en chirurgie du pied.

Les techniques chirurgicales sont nombreuses et les combinaisons entre elles le sont également ; ceci met le chirurgien face à un dilemme dans le choix qui est certes, fortement influencé par des critères subjectifs, en rapport avec l'affinité et ses enseignements, mais aussi par des critères objectifs. Un choix thérapeutique objectif passe d'abord par la compréhension de la biomécanique du pied et du premier rayon, indispensable pour comprendre cette déformation, les options thérapeutiques et les résultats des traitements.

Les ostéotomies métatarsiennes se sont progressivement imposées dans le paysage de la chirurgie de l'hallux valgus comme des interventions sûres, basées sur la biomécanique et avec de faibles taux de récidives. A ce titre l'ostéotomie type SCARF et ses variantes sont reconnues comme des interventions sûres mais pas si faciles. En effet, pour réaliser cette intervention d'une façon optimale, il faut s'efforcer d'apporter des corrections à toutes les déformations élémentaires que l'on rencontre dans l'hallux valgus et de doser ces corrections sur la base d'une planification clinique et radiologique préopératoires et des contrôles peropératoires.

A travers cette étude prospective mono-centrique, mono-opérateur, nous allons essayer de déterminer la technique radiologique adaptée à cette planification afin de réduire les marges d'erreurs intra et inter-observateurs.

Parmi les nombreuses mesures angulaires en métrologie du pied, nous allons tenter de déterminer les mesures angulaires fiables et rechercher et déterminer l'intérêt d'un raisonnement en termes de mesures angulaires que ce soit pour la préparation de l'intervention mais aussi pour évaluer le résultat clinique, radiologique et fonctionnel, tout en essayant de rechercher une corrélation entre les résultats radiologiques et fonctionnels.

La réalisation d'une ostéotomie SCARF nécessite une courbe d'apprentissage et la détermination de critères objectifs pour le choix d'une telle correction plutôt qu'une autre est un idéal pour tout chirurgien orthopédiste; se pose alors la question de la capacité et de la possibilité de proposer un SCARF à la carte.

Enfin la récidive postopératoire bien que nettement réduite par la pratique des ostéotomies ; elle demeure la complication tardive redoutée par tous les chirurgiens de l'hallux valgus et à ce titre nous allons essayer de déterminer des critères radiologiques postopératoires pouvant prédire cette complication.

III. Historique

C'est au chirurgien Allemand CARL HUETER que l'on doit la première description de l'hallux valgus en 1870 comme une abduction permanente de l'hallux, une adduction du premier métatarsien et une rotation de l'hallux. Et c'est à lui également que l'on doit la première opération de l'hallux valgus qui a été réalisée en 1871 [2].



Figure 01: Carl HUETER.

HARDY en 1951 a complété cette définition clinique par des mesures angulaires qui sont encore inchangées à ce jour.

Depuis la première opération de HUETER, la chirurgie de l'hallux valgus a traversé les époques, influencée par de nombreux facteurs : humain par le génie de certains chirurgiens précurseurs de certaines techniques; apparition de nouvelles technologies d'exploration et de matériel de plus en plus miniaturisé et enfin les connaissances sur la biomécanique du pied et de l'hallux et l'exigence des malades qui pousse sans cesse aux progrès. On totalise actuellement environ 150 techniques chirurgicales et environ 300 si on compte les variantes et les associations de techniques.

L'histoire de la chirurgie de l'hallux valgus peut être scindée en deux entités celle des interventions radicales et celle des interventions conservatrices : [2]

A. L'histoire des interventions radicales :

Les interventions radicales ont été les premières à être décrites et abandonnées actuellement au profit des interventions conservatrices en raison des très nombreuses conséquences négatives sauf pour la classique arthrodèse métatarso-phalangienne qui garde encore de nos jours de nombreuses indications notamment chez les sujets âgés. Ces interventions citées pour mémoire sont :

- Intervention de HUETER décrite en 1871: est une résection pure de la tête de M1 et remise en tension des parties molles médiales.
- Intervention de MAYO décrite en 1908 : est une résection économique du cartilage de M1 associée à une interposition capsulaire.
- Intervention d'ALBRECHT décrite en 1911: est similaire à l'intervention de MAYO associée à une arthrodèse cunéo-métatarsienne.
- La technique de STONE décrite par BINGHAM en 1960 : est une résection de la partie antéro-supérieure de la tête de M1.

- La technique de KELLER décrite en 1904 : qui consiste en une résection de la base de P1, une exostosectomie et libération externe avec reposition des sésamoïdes avec brochage temporaires.
 - Selon OSMONDE-CLARKE la technique a été d'abord utilisé par DAVIES-COLLEY pour le traitement de l'hallux rigidus mais on doit à KELLER sa description en 1904 et la publication des résultats en 1912.
 - On rattache à BRANDES la diffusion de la technique en 1929 et à LELIEVRE en 1960 son amélioration en optimisant le niveau de coupe. Mais la libération externe ou arthrolyse latérale, principe capital de la chirurgie de l'HV reste à tout jamais rattachée au nom de KELLER.
- Intervention de GIRDLESTONE décrite en 1937: associe à la fois l'opération de KELLER et de MAYO avec au final une résection mixte.
- L'arthrodèse de la métatarso-phalangiène de l'hallux est certainement la seule intervention ancienne qui garde de nos jours encore des indications avec des résultats plus que satisfaisants. Sa description initiale est contestée; en effet pour FITZGERALD sa description revient à CLUTTON en 1894 alors que pour KHOURY c'est à BROCA-ROSE qu'on doit la première arthrodèse MTP1 pour hallux valgus. Depuis, plusieurs auteurs ont amélioré cette technique notamment en cherchant la position idéale de fixation (THOMPSON et MAC ELVENNY en 1940).

B. L'histoire des interventions conservatrices :

Les interventions conservatrices sont dominées par l'opération de MAC BRIDE décrite initialement par l'auteur en 1928 et maintes fois améliorée par l'auteur lui-même et bien d'autres. Ces modifications sont à chaque fois venues pour faire face aux inconvénients de la technique notamment : l'hallux varus, la récidive et le métatarsus varus important qui représentait une limite à cette technique avant d'y associer des ostéotomies basi-métatarsiennes ou encore une ostéotomie phalangienne. C'est la technique de choix jusque dans les années 1990 et certains noms restent rattachés à cette technique et sa promotion:

ROBERT MEARY qui a popularisé la technique en France en 1970.

TOMENO en 1980 qui identifie clairement les causes d'hyperréduction et invente un artifice pour en limiter le risque.

MAC BRIDE dans sa publication de 1928 avait porté l'accent sur la supériorité de sa technique par rapport aux gestes osseux en raison de leur morbidité mais depuis ce temps les ostéotomies ont fini par prendre progressivement le dessus sur les gestes sur les parties molles bien que de nos jour l'opération de MAC BRIDE reste très largement utilisée et diffusée avec de bon résultats lorsque ses indications sont parfaitement respectées et maitrisées.

L'opération de PETERSEN mérite également d'être citée. Décrite en 1875, popularisée en France par ROY CAMILLE à partir de 1962 et améliorée par LELIEVRE par la fixation de l'adducteur de l'hallux sur la capsule latérale pour chercher l'effet tenodèse à la manière du MAC BRIDE et la sésamoïdectomie latérale qui n'est plus pratiquée.

L'ostéotomie de varisation de P1, décrite par AKIN en 1925 a rapidement fait la preuve de son échec lorsqu'elle est pratiquée seule dans le traitement de l'hallux valgus ; par contre elle

a été remise au goût du jour comme geste associé, notamment avec accourcissement pour faire face à l'hallomégalie dans le MAC BRIDE ou encore pour réduire le valgus inter-phalangien.

L'ère des ostéotomies métatarsiennes est venue très rapidement à la fin du 19^{ème} siècle avec: BARKER en 1884 qui réalise une réorientation de la tête de M1 par ostéotomie de fermeture médiale.

REVERDIN en 1918 propose une ostéotomie de fermeture médiale en regard de l'exostosectomie.

HOHMANN propose en 1920 une ostéotomie céphalique avec translation latérale reprise par COPIN en 1978.

De nombreuses variantes apportées par divers auteurs ; PEABODY en 1931, WIHELM en 1934, KROMAZA en 1950, BAZY en 1952 pour voir arriver une intervention encore en vogue chez les anglo-saxons à savoir l'ostéotomie en chevron décrite par AUSTIN en 1962 avec là encore plusieurs variantes et améliorations notamment dans le domaine de la chirurgie percutanée.

Les ostéotomies basi-métatarsiennes ont eu leur temps de gloires et continuent à être pratiquées par certaines équipes que ce soit par ouverture médiale, fermeture latérale, en chevron ou curviligne.

TRETHOWAN en 1923, LAGROSCINO en 1948; BONNEY-MAC NAB en 1952 et STAMM en 1957 ont pratiqué chacun une ostéotomie d'ouverture médiale avec greffon.

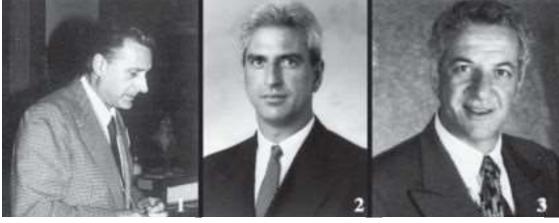
LOISON-BALACESCU en 1903; VAN NESS en 1943; ROCYN-JONES en 1948; GOLDEN en 1961 et MIRBEY en 1986 ont tous pratiqué une ostéotomie par fermeture latérale avec bien entendu un artifice ou une variante propre à chaque auteur.

KOTZENBERG en 1929 a décrit une ostéotomie basi-métatarsienne en chevron qui allie correction et stabilité et LELIEVRE prône depuis 1994 une ostéotomie plane oblique avec un meilleur potentiel de correction et une moindre stabilité.

SCHNEPP a décrit une ostéotomie bipolaire qui associe une ostéotomie par soustraction distale type BARKER à une ostéotomie d'addition médiale proximale type TRETHOWAN, le greffon retiré en distal est placé en proximal.

Les ostéotomies diaphysaires ont occupé et occupent toujours une place primordiale dans l'arsenal thérapeutique en raison de leurs avantages incomparables. L'ostéotomie de LUDLOFF décrite en 1918, réalise un trait diaphysaire oblique d'arrière en avant et de haut en bas ou son inverse, l'ostéotomie de MAU en 1926 qui avec son trait oblique d'avant en arrière et de haut en bas est déjà un précurseur du SCARF. L'ostéotomie SCARF dont la description initiale reste discutable ; en effet pour WAGNER elle a été décrite initialement par MEYER en 1926 alors que pour plusieurs auteurs notamment WEIL c'est à J.M BURUTARAN que l'on doit la première publication de trois ostéotomies en Z pour hallux valgus en 1976. Ce n'était pas un chevron et c'était utilisé pour allonger le premier métatarsien. La technique a été popularisée par CHARLES GUDAS et K.H.Z ZYGMUNT à partir de 1982 qui utilisaient la « Z bunionectomie » [3] avec translation latérale du fragment céphalique plantaire pour corriger les hallux valgus et WEIL à Chicago à partir de 1984 donna le nom de SCARF à cette ostéotomie et en modifia le trait longitudinal en l'allongeant et c'est à WEIL et BORELLI qu'on doit les résultats premiers en 1990, avec la publication de

1000 cas opérés aux Etats-Unis. BAROUK a été l'ambassadeur de la technique en France depuis 1990. Et tout de suite suivi par de nombreux auteurs :



J. M. BURUTARAN

CH. GUDAS

L. S. WEIL



L. S. BAROUK

P. BAROUK

Figure 02: Promoteurs du SCARF [3]

E. TOULLEC et P. BAROUK: qui ont apporté leur contribution par l'étude de l'anatomie du M1 et descriptions des déplacements de cette ostéotomie et surtout de l'abaissement en collaboration avec B.VALTIN et raccourcissement avec M. MAESTRO.

DE PUY qui a développé un clamp spécifique et optimisation de la position et de l'orientation des vis.

D'autres ostéotomies ont également été réalisées dans l'hallux valgus et nous citerons pour finir :

L'ostéotomie bipolaire basimétatarsienne et phalangienne de varisation publiée en 1994 par MAINARD et DELAGOUTTE.

L'ostéotomie du premier cunéiforme par ouverture dorsale décrite par COTTON en 1935 et par ouverture médiale décrite par JOPLIN en 1958.

Enfin l'arthrodèse cunéo-métatarsienne décrite par KLEINBERG en 1932 et LAPIDUS en 1934 a été utilisée dans le cas d'articulation oblique arthrosique ou instable.

IV. Définition

L'hallux valgus se définit par une déviation clinique et radiologique exagérée de l'hallux latéralement en direction du 5éme orteil [4].

C'est une déformation complexe et multifactorielle qui associe à des degrés variables :

- Une déviation médiale du premier métatarsien ; appelée métatarsus varus qui entraine un élargissement de l'avant-pied.
- Une déviation latérale de l'hallux ; appelée valgus phalangien.
- Une déviation rotatoire de l'hallux ; appelée pronation qui représente un signe de gravité

Le sommet de la déformation siège soit au niveau de la première articulation métatarsophalangiènne (MTP1) ; soit au niveau de l'articulation inter-phalangienne de l'hallux (IP) (réalisant l'hallux valgus inter-phalangien introduit par DAW en 1935) ou enfin sur ces deux articulations à la fois.

HARDY en 1951 a complété la description clinique par des mesures angulaires au-delà desquelles on retient le diagnostic de l'hallux valgus et qui sont : un angle métatarso-phalangien $>15^{\circ}$ et un angle inter-métatarsien M1-M2 $>9^{\circ}$.

L'hallux valgus est en fait, une perturbation de la biomécanique normale et une instabilité horizontale et rotatoire de l'articulation métatarso-sésamoïdo-phalangiènne qui va d'abord diminuer puis annuler la force de propulsion de l'hallux.



Figure 03: Hallux valgus [Collection personnelle].

V. Epidémiologie

L'hallux valgus est la déformation la plus fréquente et la plus opérée de l'avant pied ; avec une prévalence très variable selon les séries de 21 à 70% [4]. Encore faut-il se mettre d'accord sur la limite tolérable de la déformation ; en effet, dans la classification de COUGHLIN on parle d'hallux valgus si l'angle HVA> 15° alors que pour d'autres auteurs, c'est à partir de 20° et ceci fera en sorte de diminuer cette prévalence. Nous pensons que la définition de COUGHLIN est plus appropriée pour définir un hallux valgus.

C'est une affection plutôt féminine avec un sexe ratio de 9 femmes pour un homme en consultation mais en réalité le nombre d'hommes atteints est supérieur à ce chiffre ; sa prévalence est 30% chez la femme et de 13% chez les hommes.

Le pic de fréquence est à la ménopause entre 40 et 50 ans, mais bien souvent la déformation existe depuis l'adolescence et devient symptomatique et gênante avec demande de traitement à un âge plus avancé. La prévalence augmente donc avec l'âge avec un coefficient de 1,61 par décennie [5]. L'hérédité est un facteur déterminant parfois plus que les facteurs environnementaux et la preuve est la présence de cas familiaux et la survenu chez les jumeaux. Cette origine génétique avérée est attestée par l'identification de variants génétiques associés à l'hallux valgus, notamment sur les chromosomes 11, 13 et 17 avec expression liée au sexe [5]. Le mode de chaussage souvent impliqué dans la survenue de l'hallux valgus n'est pas retrouvé par toutes les études, par contre l'expression clinique de l'hallux valgus avec notamment la douleur, est liée directement au port de chaussures pointues et à talon haut.

Une méta-analyse faite en 2010 sur la prévalence de l'hallux valgus a conclu aux résultats suivants : [6]

		Ensemble	Hommes	Femmes
Juvénile	Prévalence (%)	7,8	5,7	15
< 18 ans – 7,8%	Intervalle de confiance	6,2 à 9,5	3,7 à 7,6	7,7 à 22,3
Adulte	Prévalence (%)	23	8,5	26,3
18 à 65 ans – 23%	Intervalle de confiance	16,3 à 29,6	1,4 à 15,6	16,5 à 36,2
>65 ans – 35,7%	Prévalence (%)	35,7	16	36
	Intervalle de confiance	29,5 à 42,0	10,6 à 21,3	26,9 à 45,1

Tableau 01 : Résultats de la méta-analyse de NIX (2010) [6].

En fonction du morphotype du pied, l'hallux valgus est moins fréquent dans le pied creux avec un facteur de risque à 0,85 ; alors que celui-ci passe à 1,36 pour le pied plat.

Le poids du malade ne semble pas avoir d'influence sur la prévalence de l'hallux valgus, un IMC > 25 augmente le risque d'HV chez l'homme et le diminue chez la femme.

VI. Anatomie

Le pied est un ensemble fonctionnel constitué de 26 os, 02 os sésamoïdes constants pour l'hallux et de nombreux os sésamoïdes et osselets inconstants.

Ces 28 os sont unis pour former **32 articulations dont 23 dans l'avant-pied,** unies par des structures capsulo-ligamento-aponevrotiques et soutenues par des muscles totalisant **56 ligaments et 28 muscles** [7].

Cet ensemble anatomo-fonctionnel possède deux caractéristiques contradictoires la fermeté et la souplesse, parfaitement adaptées pour assurer les fonctions statique, de sustentation et de mobilité.

Pour simplifier la compréhension de son anatomie, on divise schématiquement le pied en deux parties : l'arrière- pied et l'avant-pied.



Vue dorsale

- 1. Calcanéus
- 2. Talus
- 3. Os naviculaire
- 4. Cunéiforme médial
- 5. Cunéiforme intermédiaire
- 6. Cunéiforme latéral
- 7. Cuboïde
- **8.9.10.11.12**. Du 1^{er} au 5^{ème} métatarsien
- 13. 1ère phalange de l'hallux
- 14. 2^{ème} phalange de l'hallux
- **15.** phalange proximale
- **16.** Phalange intermédiaire
- 17. Phalange distale.
- 18. Sésamoïdes médial et latéral



Vue plantaire

Figure 04: Vue d'ensemble du pied.

VI.1. Anatomie de l'arrière-pied:

L'arrière-pied est le squelette intermédiaire entre la jambe et le métatarse, il est devisé en:

- Tarse postérieur : talus et calcanéus.
- Tarse antérieur : os naviculaire, les trois cunéiformes et le cuboïde.

Ces deux parties sont unies par l'articulation médiotarsienne (articulation de CHOPART). Le tarse est uni au métatarse par l'articulation tarsométatarsienne (articulation de LISFRANC).

VI.2. Anatomie de l'avant-pied:

L'avant-pied est composé par le métatarse et le squelette des orteils. On distingue sur le plan anatomique le premier rayon et les rayons latéraux.

A. Le premier rayon :

1. Ostéologie :

Représentée par le premier métatarsien (M1), la première et la deuxième phalange (P1 et P2) et les deux os sésamoïdes.

1.1. Le premier métatarsien : (figure 05)

Il est gros, court et présente à décrire :

- Un corps : diaphyse.
- Une base à l'extrémité proximale.
- Une tête à l'extrémité distale.
- **Le corps :** triangulaire à la coupe avec:
 - Une face dorsale.
 - Une face médiale.
 - Une face latérale très résistante, verticale, assimilée à une «poutre».
 - Trois bords : médial, latéral et inférieur (ou plantaire).

La base : elle présente :

Une surface concave, articulaire avec le cunéiforme médial et qui présente des différences dans son obliquité et son orientation.

Un tubercule médial où s'insère le muscle tibial antérieur.

Un tubercule latéral (appelé apophyse de M1) qui donne insertion au tendon du muscle long fibulaire.

A La tête:

Elle présente une surface arrondie articulaire avec la base de P1, avec à sa partie inférieure deux gorges asymétriques séparées par une crête ; qui s'articulent avec les sésamoïdes.

Latéralement on retrouve deux tubercules pour l'insertion des ligaments latéraux.

Les caractéristiques de M1 sont :

• Le plus volumineux, le plus oblique avec un angle M1-sol = 20° à 31°

- Plus court que M2.
- Sa forme concave vers le bas lui procure une résistance aux sollicitations en compression.
- Ne possède pas de cartilage de croissance céphalique.
- Travail en compression avec deux zones très sollicitées en plantaire et dorsolatérale (à prendre en considération lors des ostéotomies métatarsiennes) [8]

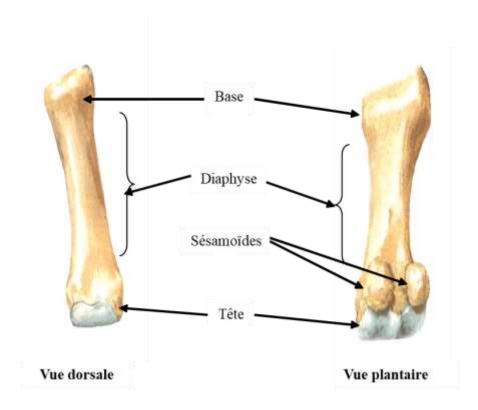


Figure 05: Premier métatarsien [Collection personnelle].

1.2. Les phalanges :

Au nombre de deux légèrement concaves en plantaire, unies par l'articulation interphalangienne (IP).

La P1 est un os long comportant un corps ou diaphyse grossièrement trapézoïdale concave en plantaire à l'instar des autres phalanges. Elle s'articule avec M1 par la première articulation métatarso-phalangienne (MTP1), qui est une articulation glénoïde en continuité avec les sésamoïdes et avec P2 par une surface distale trochléenne.

Sa longueur totale est de 3,5 à 4cm.

1.3. Les os sésamoïdes de la MTP1:

Ils sont ovoïdes «en grain de sésame», siègent à la face plantaire de la tête de M1 de part et d'autre de la crête inter-sésamoïdienne. Ils jouent un rôle biomécanique considérable et une résistance extraordinaire aux contraintes, sans manquer de rappeler les propriétés que leur attribuaient les anciens comme GALIEN et VESALE «indestructibles par l'eau et par le feu»[9].

2. Syndesmologie :

2.1. Articulation cunéo-métatarsienne médiale : (figure 06)

Elle met en contact la surface articulaire antérieure du cunéiforme médial, convexe en forme de croissant et concave en bas et la surface articulaire de la base de M1.

Elle représente l'articulation médiale de la tarso-métatarsienne avec sa capsule propre et ses ligaments dorsal (ligament cunéo-métatarsien dorsal) et plantaire (ligament cunéo-métatarsien plantaire).

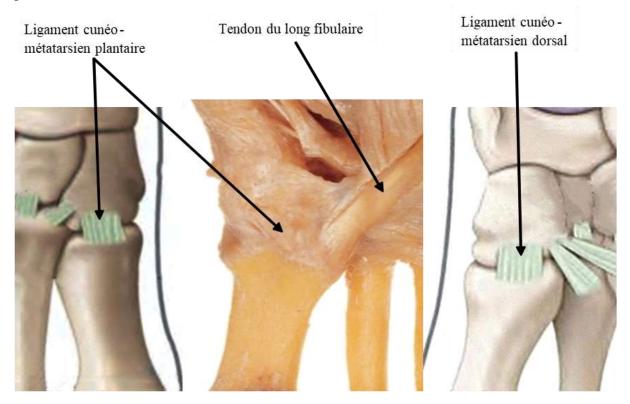


Figure 06: Articulation cunéo-métatarsienne médiale [10] [11].

2.2. Articulation métatarso-sésamoïdo-phalangienne : (Figure 07)

Elle met en contact la tête de M1 qui repose sur les sésamoïdes inclus dans la plaque plantaire et solidement fixés à la base de P1.

La face plantaire de la tête de M1 a une forme condylienne asymétrique séparée au milieu par une crête inter-sésamoïdienne (crista), qui assure la stabilité de l'articulation jusqu'à 30° de flexion dorsale. Ces rayons de courbure plus court en latéral et en dorsal entraine un mouvement de glissement et de roulement dans le plan sagittal.

Moyens d'unions :

• Les ligaments suspenseurs métatarso-sésamoïdiens médial et latéral (le latéral est plus court). (3).

- Les ligaments métatarso-phalangiens médial et latéral: situés en avant des précédents et le latéral a une insertion plus haute (2).
- Le ligament transverse inter-sésamoïdien (5) qui se confond à sa face supérieure avec le fibrocartilage plantaire et à sa face plantaire avec la gaine tendineuse du long fléchisseur de l'hallux.

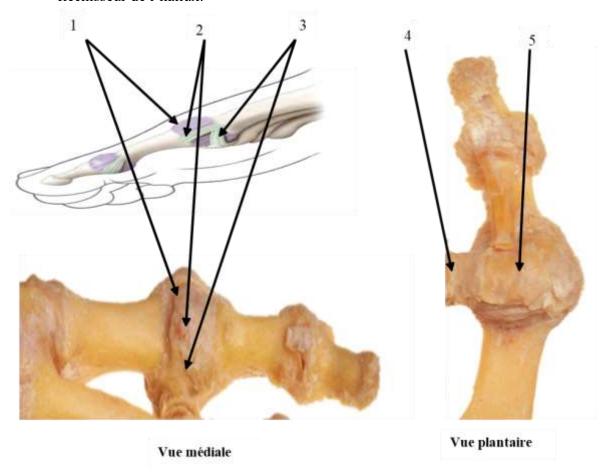


Figure 07: Articulation MTP1 [10] [11]

1. Capsule articulaire. 2. Ligament métatarso-phalangien médial. 3. Ligament suspenseur métatarso-sésamoïdien médial. 4. Ligament transverse inter-métatarsien. 5. Ligament intersésamoïdien

B. Les rayons latéraux :

Ils sont représentés respectivement de dedans en dehors par les 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} rayons.

1. Ostéologie :

Chaque métatarsien à l'instar du premier présente :

- Un corps triangulaire.
- Une base articulaire avec le tarse antérieur et avec le ou les deux métatarsiens adjacents.
- Une tête articulaire avec les premières phalanges de chaque orteil.

Les phalanges sont au nombre de trois respectivement de proximal à distal :

• P1 : phalange proximale ou phalange.

- P2 : phalange intermédiaire ou phalangine
- P3: phalange distale ou phalangette.

Chaque phalange présente un corps, une base et une tête. Elles s'articulent avec les métatarsiens par les articulations métatarso-phalangiennes et entre elles par les articulations interphalangiennes proximales et distales.

2. Syndesmologie: (Figure 08).

2.1. Articulations tarso-métatarsiennes :

Elles sont représentées par les articulations tarso-métatrsiennes intermédiaire et latérale.

* Articulation tarso-métatarsienne intermédiaire :

Entre les cunéiformes intermédiaire et latéral d'une part et le M2 et M3 d'autre part ; avec un M2 qui répond à la face distale du cunéiforme intermédiaire et dont les faces latérales s'emboitent entre les cunéiformes médial et latéral.

Elle possède une capsule propre et est unie par des ligaments:

- **Dorsaux**: 04 ligaments:
- Un ligament cunéiforme latéral M3.
- Trois ligaments de chaque cunéiforme vers M2.
- **Plantaires**: 04 ligaments:
- Deux ligaments du cunéiforme médial vers M2 et M3.
- Un ligament du cunéiforme intermédiaire vers M2.
- Un ligament du cunéiforme latéral vers M2.

* Articulation tarso-métatarsienne latérale :

Entre le cuboïde et M4. M5.

Elle possède également une capsule propre renforcée par des ligaments :

> Dorsaux:

Deux ligaments du cuboïde vers M4 et M5.

> Plantaires:

Un ligament du cunéiforme latéral vers M4.

Deux ligaments du cuboïde vers M4 et M5.

2.2. Articulations inter-métatarsiennes :

Ce sont des diarthroses et seule l'articulation entre M1 et M2 est une syndesmose et présente seulement dans ¼ des cas[12].

Il n'existe pas de ligament inter-métatarsien entre la 1^{ère} et la 2^{ème} têtes métatarsiennes ; cet espace est occupé par une bourse séreuse et le faisceau transverse de l'adducteur de l'hallux qui est la seule connexion entre M1 et les autres articulations metatarso-phalangiennes [13] ce qui autorise le varus de M1 en cas d'hallux valgus ; qui s'explique par le long fibulaire ayant perdu

sa tonicité et ne peut plus verrouiller M1 et le laisse échapper en varus. Certains ont prouvé une augmentation de la mobilité dorsale de M1 dans l'hallux valgus [14].

Chaque articulation inter-métatarsienne est stabilisée par 03 ligaments inter-métatarsiens : dorsal, plantaire et interosseux.

2.3. Articulations métatarso-phalangiennes :

Ce sont des énarthroses non congruentes qui unissent :

Les têtes métatarsiennes arrondies et les cavités glénoïdes de la base de chaque P1 correspondante, prolongées par le fibrocartilage plantaire qui a pour but d'améliorer la congruence articulaire.

Ces surfaces sont unies par :

- Les ligaments collatéraux médial et latéral possédant chacun un faisceau direct et un faisceau glénoïdien.
- Le ligament plantaire.
- Le ligament transverse.



Figure 08: Arthrologie du pied [11].

2.4. Articulations inter-phalangiennes :

Ce sont des diarthroses de type trochléennes qui unissent les phalanges entre elles, unies par les ligaments collatéraux médial et latéral et le ligament plantaire.

C. Myologie du pied: [10][15]

Les muscles du pied sont répartis en deux grands groupes:

- Les muscles extrinsèques.
- Les muscles intrinsèques.

1. Les muscles extrinsèques :

A l'exception des muscles gastrocnémiens et du muscle plantaire grêle dont l'origine est fémorale, tous les autres muscles ont leur origine et leur corps charnu au niveau de la jambe et se terminent au niveau du pied par des tendons. Ils se répartissent en 03 groupes :

1.1. Le groupe antérieur : (Figure 09)

Muscle	Origine	Terminaison	Action
Tibial antérieur	Tubercule de Gerdy Face latérale du tibia Membrane interosseuse	Face médiale du cunéiforme médial Base de M1	Dorsiflexion, adduction et rotation médiale du pied.
Long extenseur de l'hallux	Face médiale de la fibula Membrane interosseuse	Face dorsale de la base de P2 Faces latérales de P1 (par 2 bandelettes latérales).	Extension de P2 sur P1 et P1 sur M1. Dorsiflexion du pied.
Long extenseur des orteils	Tubérosité latérale du tibia Face médiale des 2/3 supérieurs de la fibula Membrane interosseuse	Un tendon pour chacun des 4 derniers orteils, possédant chacun 3 faisceaux : Moyen : base de P2 02 latéraux : face dorsale de P2 et se réunissent sur P3.	Extension des orteils. Dorsiflexion et rotation latérale du pied.
3ème fibulaire	Face médiale du 1/3 inférieur de la fibula Membrane interosseuse	Face dorsale de la base de M5	Dorsiflexion, abduction et rotation latérale du pied.



Figure 09: Muscles antérieurs [15].

1.2. Le groupe latéral : (Figure 10)

Muscle	Origine	Terminaison	Action
Court fibulaire	2/3 inférieurs de la face	Tubérosité latérale de	Abduction et rotation
	latérale de la fibula la base de M5		latérale du pied
	Septums intermusculaires	Expansion sur M4	Eversion.
Long fibulaire	Tubérosité externe du tibia	Tubercule latéral de	Flexion plantaire,
	Tête et face latérale de la	la base de M1	abduction et rotation
	fibula	Expansion sur le	latérale du pied.
	Septums intermusculaires	cunéiforme médial	

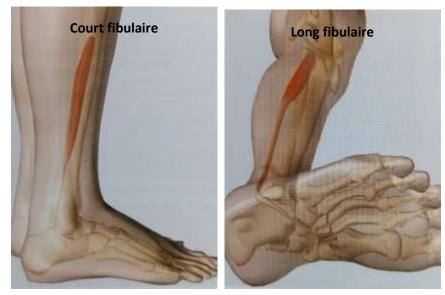


Figure 10 : Muscles latéraux [15].

1.3. Le groupe postérieur : (Figure 11)

Muscle	Origine	Terminaison	Action
Tibial postérieur	2/3 supérieurs de la face postérieure du tibia 2/3 supérieurs de la face médiale de la fibula Membrane interosseuse.	Faces plantaires de l'os naviculaire, les 3 cunéiformes, le cuboïde et bases de M2, M3 et M4	Flexion plantaire, adduction et rotation médiale du pied.
Long fléchisseur de l'hallux	2/3 inférieurs de la face postérieure de la fibula. Membrane interosseuse	Face plantaire de la base de P2 de l'hallux. Expansions au long fléchisseur des orteils.	Flexion de P2 sur P1 et P1 sur M1.
Long fléchisseur des orteils	Face postérieure du tibia	Face plantaire de la base de P3 des 4 derniers orteils.	Flexion des orteils Flexion plantaire du pied.
Triceps sural regroupe 3 muscles	Soléaire : face postérieure de la fibula et du tibia Gastrocnémiens : condyles fémoraux et coques condyliennes	Sur la tubérosité du calcanéus par le tendon calcanéen (tendon d'Achille)	Flexion plantaire, adduction et rotation médiale du pied. Flexion du genou accessoirement.
Plantaire (plantaire grêle)	Condyle fémoral latéral et coque condylienne.	Tubérosité du calcanéus (en dedans du tendon d'Achille).	Auxiliaire du triceps sural.



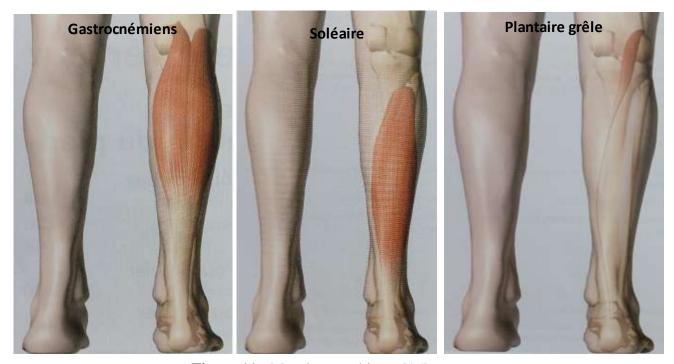


Figure 11 : Muscles postérieurs [15].

2. Les muscles intrinsèques :

Leur origine comme leur terminaison se trouvent au niveau du pied. On distingue 02 groupes :

2.1. Les muscles de la région dorsale : (Figure 12)

Muscle	Origine	Terminaison	Action
Court extenseur des orteils (pédieux)	Face dorso-latérale de la grande apophyse du calcanéus	3 tendons sur les bords latéraux des 2 ^{ème} , 3 ^{ème} et 4 ^{ème} tendon du long extenseur des orteils.	Extension et inclinaison latérale des O2, O3 et O4.
Court extenseur de l'hallux	Face dorso-latérale de la grande apophyse du calcanéus	Face dorsale de la base de P1 de l'hallux	Extension de l'hallux.

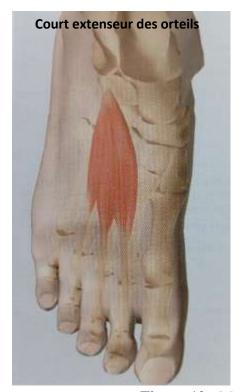




Figure 12: Muscles dorsaux [15].

2.2. Les muscles de la région plantaire : 03 sous-groupesMuscles de la région plantaire médiale : (Figure 13)

Muscle	Origine	Terminaison	Action
Court fléchisseur de l'hallux	Cunéiformes latéral et intermédiaire Cuboïde Ligament calcanéocuboïdien plantaire Expansion du tibial postérieur.	Chef médial: fusionne avec l'abducteur de l'hallux, sur le sésamoïde médial et la base de P1 Chef latéral: fusionne avec l'adducteur de l'hallux; sur le sésamoïde latéral et base de P1	Flexion de l'hallux
Adducteur de l'hallux	Chef oblique: Cuboïde Cunéiforme latéral Ligament calcanéo- cuboïdien plantaire Base de M2, M4. Chef transverse: Ligament glénoïdien de MTP 3,4 et 5. Ligament métatarsien transverse profond.	Sésamoïde latéral et face latérale de la base de P1 de l'hallux. Le chef oblique fusionne avec le chef latéral du court fléchisseur.	Flexion et abduction de l'hallux
Abducteur de l'hallux	Tubérosité postéro- médiale du calcanéus et aponévrose plantaire	Sésamoïde médial et face médiale de la base de P1 de l'hallux	Flexion et adduction de l'hallux

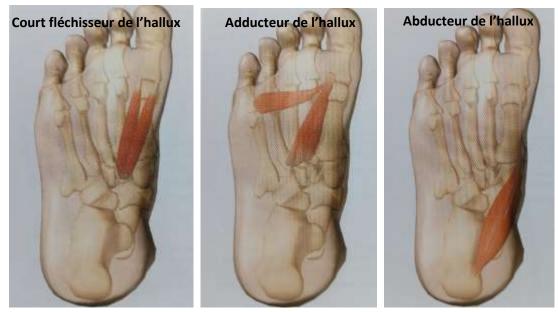


Figure 13 : Muscles de la région plantaire médiale [15]

> Muscles de la région plantaire intermédiaire : (Figure 14)

Muscle	Origine	Terminaison	Action
Interosseux	Faces latérale et médiale	Le 1 ^{er} interosseux: face	Flexion de P1.
dorsaux	de deux métatarsiens	médiale de la base de P1	Abduction
	voisins	du O2.	(écartement)
		2 ^{ème} , 3 ^{ème} et 4 ^{ème}	des orteils.
		interosseux: face latérale	
		de P1 du O2, O3 et O4.	
Interosseux	Face médiale de M3, M4	Face médiale de la base de	Flexion de P1
plantaires	et M5.	P1 du O3, O4 et O5.	et adduction
			(rapprochemen
			t) des O3, O4
			et O5.
Lombricaux	Sur les tendons du long	Face médiale de la base de	Flexion de P1
	fléchisseur des orteils.	P1 de chaque orteil.	Extension de
	1 ^{er} lombrical: le tendon du	Expansion dorsale sur les	P2 et P3.
	O2	tendons du long extenseur	
	2ème, 3ème et 4ème lombrical	des orteils.	
	sur 2 tendons voisins du		
	long fléchisseur des orteils		
Carré plantaire	Faces plantaire, médiale et	Bord latéral du long	Accessoire et
	latérale du calcanéus	fléchisseur des orteils juste	guide l'action
		avant sa division.	du long
			fléchisseur des
~			orteils.
Court	Face plantaire de la	Face plantaire de P2 de	Flexion de P2
fléchisseur des	tubérosité calcanéenne	chaque orteil	sur P1 et P1 sur
orteils	Aponévrose plantaire	correspondant. Juste après	M1.
		la perforation laissant	
		passage aux tendons du	
		long fléchisseur.	

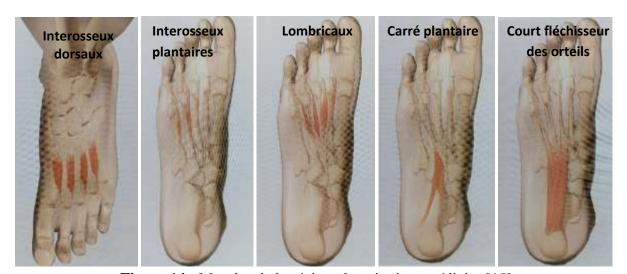


Figure 14 : Muscles de la région plantaire intermédiaire [15].

	Muscles	de la	région	plantaire	latérale :	(Figure 15)
--	---------	-------	--------	-----------	------------	------------	---

Muscle	Origine	Terminaison	Action
Court fléchisseur du	Base de M5	Face inferieure de	Flexion de P1 sur
petit orteil	Cuboïde.	P1 du O5	M5
	Gaine du long		
	fibulaire.		
	Aponévrose plantaire.		
Opposant du petit	Gaine du long	Bord latéral de M5	Adduction de M5
orteil	fibulaire.		
	Cuboïde.		
Abducteur du petit	Tubérosité postéro-	Face latérale de la	Flexion et abduction
orteil	latérale du calcanéus	base de P1 du O5	du O5.
	Aponévrose plantaire.		
	Base de M5		

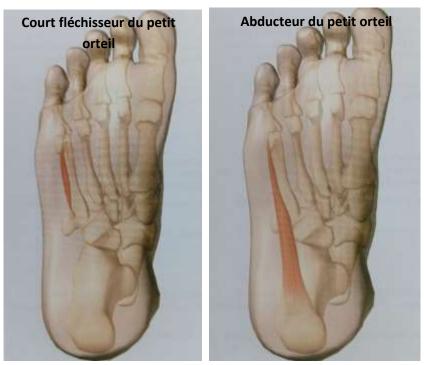


Figure 15 : Muscles de la région plantaire latérale [15].

D. Vascularisation de l'avant-pied: [10]

1. Vascularisation artérielle :

La vascularisation artérielle du pied est assurée par un réseau anastomotique très riche permettant des suppléances à tous les niveaux, ce réseau est tributaire de trois artères principales :

- L'artère dorsale du pied.
- L'artère plantaire latérale.
- L'artère plantaire médiale.

Artère dorsale du pied (artère pédieuse) : (Figure 16)

C'est la branche terminale de l'artère tibiale antérieure, elle nait au bord inférieur du rétinaculum des extenseurs.

Elle accompagne le tendon du long extenseur de l'hallux jusqu'à l'extrémité proximale du premier espace intermétatarsien où elle se divise en:

- Artère plantaire profonde.
- Première artère métatarsienne dorsale.

> Ses branches collatérales sont :

- Artère du sinus du tarse.
- Artère tarsienne latérale.
- 02 ou 03 artères tarsiennes médiales :
 - Postérieure : participe au réseau malléolaire médial.
 - Antérieure : participe à la vascularisation de l'hallux.
- Artère arquée : elle chemine au-dessus des bases métatarsiennes pour rejoindre l'artère tarsienne latérale. Elle donne les 2ème, 3ème et 4ème artères métatarsiennes dorsales qui se terminent chacune par 02 artères digitales dorsales pour deux orteils adjacents et la 4ème artère métatarsienne donne également l'artère digitale dorsale latérale du 5ème orteil. Chaque artère métatarsienne donne deux artères perforantes proximale et distale.

> Ses branches terminales :

Artère plantaire profonde :

Traverse verticalement le premier espace interosseux à sa partie proximale pour rejoindre la branche terminale de l'artère plantaire latérale dénommée l'arcade plantaire profonde.

La première artère métatarsienne dorsale :

Chemine à la face dorsale du 1^{er} muscle interosseux dorsal et se divise au niveau de la MTP1 en :

- Artères digitales dorsales médiale et latérale de l'hallux.
- Artère digitale dorsale médiale du O2.

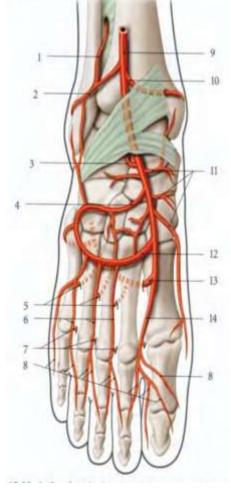


Figure 16: Vascularisation artérielle dorsale du pied (artère dorsale du pied) [10].

- 1. Rameau fibulaire de l'artère fibulaire
- 2. Artère malléolaire antéro-latérale
- 3. Artère du sinus du tarse
- 4. Artère tarsiènne latérale
- 5. Artères perforantes proximales
- 6. Artères métatarsiennes dorsales
- 7. Artères perforantes distales
- 8. Artères digitales dorsales
- 9. Artère tibiale antérieure
- 10. Artère malléolaire antéro-médiale
- 11. Artères tarsiennes médiales
- 12. Artère arquée
- 13. Artère plantaire profonde
- 14. 1ère artère métatarsienne dorsale

❖ Artère plantaire latérale : (Figure 17)

C'est une branche terminale de l'artère tibiale postérieure, qui nait au-dessous et en arrière de la malléole médiale. Son diamètre est plus grand que la branche médiale. Elle suit un trajet oblique en direction de la base de M5 puis s'incurve décrivant une portion transversale appelée arcade plantaire profonde qui se termine à la portion postérieure du 1^{er} espace interosseux en s'anastomosant avec l'artère dorsale du pied.

> Les branches collatérales :

- 04 artères métatarsiennes plantaires : elles naissent de l'arcade plantaire, traversent chacune un espace interosseux et se terminent en deux artères digitales plantaires pour deux orteils adjacents. Elles donnent chacune une perforante distale qui s'anastomose avec une artère métatarsienne dorsale.
- Les branches perforantes proximales : elles traversent la partie supérieure des espaces interosseux pour s'unir à l'arcade plantaire et aux artères métatarsiennes dorsales.
- Artère digitale plantaire du O5.
- Les branches musculaires.
- Les rameaux calcanéens.

* Artère plantaire médiale :

C'est également une branche terminale de l'artère tibiale postérieure qui nait sous la malléole médiale. Elle suit le bord médial du pied en bas et en avant et se termine au niveau du corps de M1 en 02 branches terminales superficielle et profonde.

Les branches collatérales :

- Rameaux musculaires
- Rameaux cutanés pour le bord médial du pied.
- Rameaux articulaire pour la MTP1.

Les branches terminales :

- La branche profonde, qui donne :
- Artère digitale médiale de l'hallux.
- Un rameau anastomotique avec la 1^{ère} artère métatarsienne plantaire.

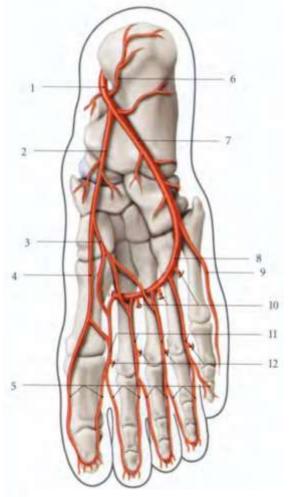


Figure 17: Vascularisation artérielle plantaire [10].

- 1. Artère tibiale postérieure
- 2. Artère plantaire médiale
- 3. Rameau superficiel
- 4. Rameau profond
- 5. Artères digitales plantaires
- 6. Rameaux calcanéens
- 7. Artère plantaire latérale
- 8. Arcade plantaire profonde
- 9. Artère digitale plantaire du 5^{ème} orteil
- 10. Branches perforantes proximales
- 11. Artères métatarsiennes plantaires
- 12. Branches perforantes distales

• La branche superficielle : Qui s'anastomose avec les 2 ou 3 premières artères métatarsiennes plantaires.

2. La vascularisation artérielle distale du premier métatarsien :[3]

Assurée par : (Figure 18)

- L'artère pédieuse dorsale (dorsolatérale) (1), qui donne : (Figure 18.a)
 - Une branche inconstante (2)
 - Une branche dorsale métaphyso-capitale (3) qui pénètre la face dorsale du M1 à travers la capsule.
- L'artère médiale plantaire (4) chemine à la face dorsale du muscle abducteur et s'anastomose avec la première artère plantaire intermétatarsienne (6) qui chemine à la face dorsale du chef latéral du court fléchisseur de l'hallux.

Ces artères se réunissent sous le col de M1 pour donner naissance à :

- Deux branches métaphysaires capitales médiale (5) et latérale (7).
- Deux branches sésamoïdiennes médiale et latérale

Ceci forme le paquet vasculaire plantaire.

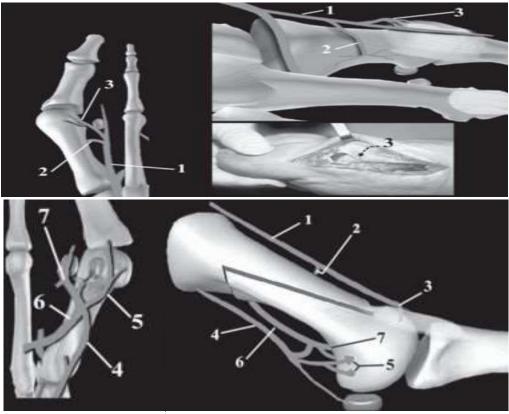


Figure 18: Vascularisation artérielle de M1 [3].

Ce que l'on peut noter :

- La vascularisation principale vient du pédicule plantaire.
- La vascularisation plantaire est préservée par la libération plantaire large et proximale.
- Les traits d'ostéotomie épargnent cette vascularisation de par leur orientation et leur terminaison

3. Vascularisation veineuse:

Le pied est drainé par un réseau veineux très riche formé par :

***** Les veines superficielles :

Elles sont sous cutanées et se drainent dans les veines profondes saphène interne et saphène externe. Leurs trajets sont indépendants de ceux des artères.

Les veines superficielles sont représentées par :

• Les veines des orteils :

Le réseau veineux unguéal : il se draine dans les veines digitales dorsales puis dans la métatarsienne dorsale.

Le réseau veineux pulpaire : il se draine dans les 02 veines digitales plantaires puis dans les veines métatarsiennes plantaires jusqu'à l'arcade veineuse plantaire.

- Les veines du dos du pied : l'arcade veineuse dorsale et le réseau veineux dorsal.
- Les veines plantaires : l'arcade veineuse plantaire et le réseau veineux plantaire (semelle veineuse de LEJARS).
- Les veines intercapitales : elles drainent l'arcade veineuse plantaire dans l'arcade veineuse dorsale.
- Les veines profondes du pied : satellites du réseau artériel :
- Les veines plantaires latérale et médiale qui se drainent dans la veine tibiale postérieure.
- Les veines dorsales du pied qui se drainent dans la veine tibiale antérieure.



Figure 19: Réseau veineux très développé chez une malade [collection personnelle].

E. Innervation de l'avant-pied : [10]

L'innervation du pied est assurée par plusieurs nerfs et rameaux nerveux issus des 03 nerfs de la jambe qui sont :

- Nerf tibial (sciatique poplité interne).
- Les 02 branches terminales du nerf fibulaire commun (sciatique poplité externe) :
 - ➤ Nerf fibulaire superficiel.
 - > Nerf fibulaire profond.

1. Le nerf tibial:

Assure l'innervation du pied par :

- Une branche collatérale : le nerf cutané sural médial.
- > 02 branches terminales : le nerf plantaire médial et le nerf plantaire latéral.

1.1. Nerf cutané sural médial :

Il contourne la malléole latérale à la fin de son trajet pour se terminer en :

- Rameaux calcanéens latéraux.
- Nerf cutané dorsal latéral du pied et se termine en nerf digital dorsal latéral de O5.

1.2. Nerf plantaire médial :

Suit le bord latéral de l'artère plantaire médiale et les branches collatérales :

- Rameaux musculaires : abducteur de l'hallux et court fléchisseur de l'hallux.
- Rameaux articulaires : articulations du tarse et articulations tarsométatarsiennes.
- Rameau cutané: pour la face médiale de la plante du pied.

Les branches terminales :

Branche médiale : donne :

- Nerf du court fléchisseur de l'hallux.
- Nerf digital plantaire propre médial de l'hallux.

Branche latérale : donne :

- Nerfs digitaux plantaires communs pour les deux bords adjacents des orteils 1 à 5.
- ➤ Premier nerf digital commun: innerve le muscle 1^{er} lombrical.
- > 3^{ème} nerf digital commun : s'anastomose avec le 4^{ème} nerf digital commun.

1.3. Nerf plantaire latéral :

Les branches collatérales : rameaux musculaires pour :

- Carré plantaire.
- ➤ Abducteur de O5.
- Opposant de O5.
- Rameaux vasculaires.
- Rameaux cutanés pour la face latérale de la plante du pied.

Les branches terminales :

- Les branches superficielles :
- Nerf digital plantaire propre du O5.
- 4ème nerf digital plantaire commun qui donne les nerfs digitaux plantaires propres médial du O5 et latéral du O4.
- Les branches profondes :
- Rameaux articulaires pour le tarse et la tarsométatarsienne.
- Rameaux musculaires : adducteur de l'hallux, lombricaux latéraux, interosseux plantaires et dorsaux.

2. **Nerf fibulaire superficiel :** (Figure 20.(1))

Il se termine par le nerf cutané dorsal médial donnant :

- Le nerf digital dorsal médial de l'hallux.
- Les nerfs digitaux dorsaux médial de O2 et latéral du O3.
- Le nerf cutané dorsal intermédiaire qui donne les nerfs digito-dorsaux médial du O3, médial et latéral du O4 et latéral du O5.

3. **Nerf fibulaire profond :** (Figure 20. (3))

Il se termine par :

Une branche latérale avec :

- Rameaux musculaires pour le court extenseur des orteils et court extenseur de l'hallux.
- Rameaux articulaires pour la tarsométatarsienne et métatarso-phalangiènne.

Une branche médiale: qui donne les nerfs digito-dorsaux latéral du O1 et médial du O2.

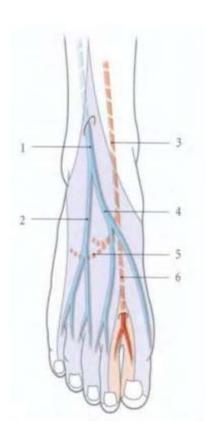


Figure 20: Innervation du pied [10].

- 1. Nerf fibulaire superficiel
- 2. Nerf cutané dorsal intermédiaire du pied
- 3. Nerf fibulaire profond
- 4. Nerf cutané dorsal médial du pied
- 5. Branche latérale
- 6. Branche médiale

4. Les territoires sensitifs du pied : (Figure 21)

> Les branches du nerf tibial antérieur :

- Plante du pied
- Face plantaire des orteils
- Face dorsale des dernières phalanges des orteils.

➤ Les branches superficielle et profonde du nerf fibulaire commun :

Le dos du pied sauf son bord médial, les bords du 1er espace interdigital, dos des dernières phalanges.

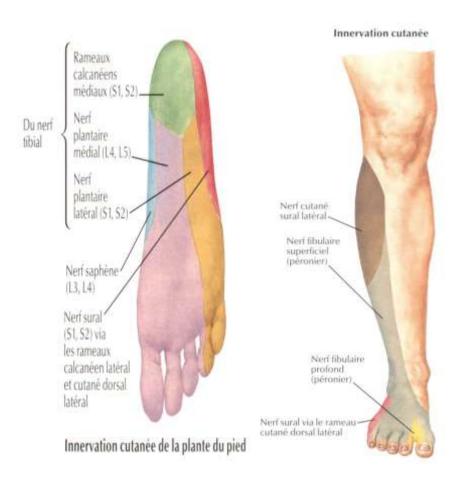


Figure 21 : Innervation sensitive du pied [10].

VII. Biomécanique

A. Les fonctions du pied :

Les pieds assurent trois fonctions:

La sustentation.

La locomotion.

L'amortissement.

La sustentation :

Le pied supporte le poids du corps et plus, grâce à une architecture particulière avec 03 points d'appui seulement et 03 arches.

Les 03 points d'appui osseux sont :

En arrière : la tubérosité calcanéenne.

En avant : les têtes de M1 et de M5.

Les 03 arches du pied sont : (figure 22)

- Arche longitudinale médiale : tendue entre la tubérosité du calcanéum et la tête de M1 avec pour sommet l'os naviculaire.
- Arche longitudinale latérale : tendue entre la tubérosité du calcanéum et la tête de M5 avec pour sommet la grande apophyse du calcanéum.
- Arche transversale : entre la tête de M1 et la tête de M5 avec pour sommet la tête de M2. Elle est peu résistante et supporte le poids du corps à la fin du pas [16] et tous les auteurs s'accordent à dire que cette arche existe en décharge et disparait en charge [7].

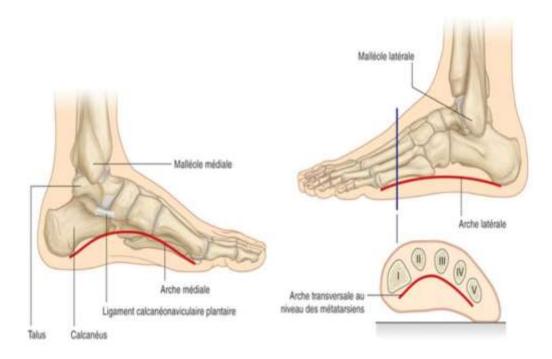


Figure 22: Les arches du pied.

Locomotion et propulsion du pas :

L'avant-pied constitue un bras de levier pour la marche grâce à ses différentes structures osseuses, qui modifient leur architecture selon la phase du pas.

Le premier rayon est une réserve de puissance pour la force de propulsion.

> Amortisseur :

L'avant-pied subit plus de 1000 impacts/kilomètre. C'est la partie du pied qui subit le plus de contraintes : 40% de la durée du cycle de la marche [17], 85% du temps d'appui [18] dont 60% pour l'hallux [17].

Les métatarsiens sont les seuls os du corps humain qui supportent le poids du corps selon une force perpendiculaire à leur axe et le M1 à lui seul supporte 50% de l'appui [19].

B. Importance biomécanique de la parabole distale :

Jean LELIEVRE et Jean François LELIEVRE disaient «la ligne qui joint les métatarsophalangiènnes doit former un segment de parabole s'infléchissant légèrement de dedans en dehors et d'avant en arrière» [19].

Cette parabole harmonieuse est formée par :

- ✓ Une partie rigide : c'est la partie distale des têtes métatarsiennes.
- ✓ Une partie molle, mise en tension par la partie rigide :
 - Plaque plantaire
 - Ligament transverse.
 - Réseau aponévrotique tridimensionnel.
 - Muscles intrinsèques.
 - Graisse sous cutanée.

Une harmonie des différents constituants de la parabole de LELIEVRE (partie rigide et partie molle) doit être constante pour assurer un équilibre permanent des pressions et de fonction de l'avant-pied ; ainsi toute chirurgie de l'avant-pied doit veiller à respecter ou à restaurer cette harmonie ; seul moyen d'éviter les métatarsalgies de transfert ou la récidive ou persistance de celles-ci en postopératoire.

Il existe à la fois une indépendance de chaque rayon par rapport aux autres et au même temps un étroit lien fonctionnel de telle sorte que la perturbation d'un rayon peut être compensée par les autres jusqu'à une certaine mesure où elle retentit sur ces mêmes rayons. Nous citerons pour étayer cela trois exemples :

- La perte de la fonction de l'hallux, tend à surcharger les rayons latéraux.
- Un métatarsien trop court surcharge ses voisins.
- Un métatarsien long supporte plus de charge qu'il ne peut.

L'harmonie de la parabole de LELIEVRE est évaluée radiologiquement par les critères de MAESTRO : (figure 23)

☐ Axe SM4: l'axe entre le sésamoïde latéral et la tête de M4 (ligne SL-M4) doit être perpendiculaire à l'axe sagittal du pied (formé par la ligne entre le sommet de M2 et le

milieu de l'arrière-pied). Le M1 est plus court que M2 de 10 mm (+ 3/ - 7 mm) sans influencer le SM4.

Un axe SM4 normal permet un amortissement, un freinage et une propulsion de l'avant-pied

□ Progression géométrique osseuse à raison de 2 (X, 2X, 4X) (si X est de 3mm on aura M2/M3= 3mm, M3/M4= 6mm, M4/M5= 12mm) avec une tolérance de 10% pour M3, M4 et 20% pour M4, M5.

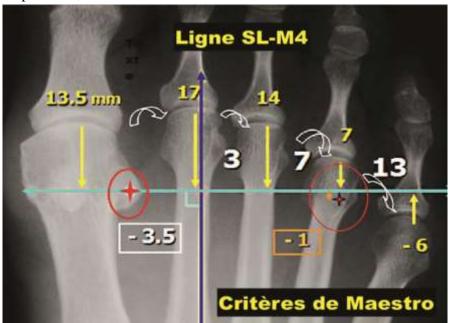


Figure 23 : Courbe de Maestro [20].

En vert : l'axe SM4 est perpendiculaire à l'axe sagittal du pied en bleu. Flèches jaunes : distance entre l'axe SM4 et l'extrémité distale de chaque métatarsien. Flèches blanches courbes : illustrent la progression géométrique à raison de (X, 2X, 4X)

☐ Index métatarsien : selon la formule de VILADOT

• Index minus : M1 < M2 (56%)

• Index minus plus : M1 = M2 (28%)

• Index plus : M1 > M2. (16%)

En passant de l'appréciation visuelle peropératoire à des mesures radiologiques les désharmonies sont plus fréquentes ; c'est dire l'intérêt d'une planification préopératoire et l'emploi d'instruments de mesure peropératoires.

Au fait les mesures faites sur la population générale ne retrouve qu'1/3 d'anatomie harmonieuse et 2/3 de désharmonies dues soit à M2 et M3 trop long ou bien M4 et M5 hypoplasiques [19].

C. Physiologie de la MTP1:

Les articulations métatarso-phalangiènnes doivent répondre à deux exigences contradictoires :

- Une mobilité extrême.
- ➤ Une solidité qui leur permet de propulser le corps en avant lors de la marche et de résister aux fortes contraintes qu'elles subissent.

La MTP1 occupe un rôle primordial dans la mécanique de l'avant pied en synergie avec les autres articulations métatarso-phalangiennes (MTP) et les sésamoïdes.

1. Mobilité de la MTP1:

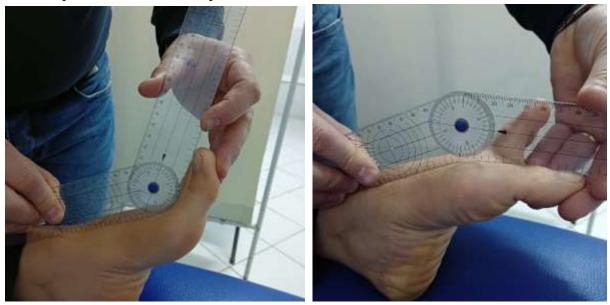
La mobilité fluide de la MTP1 exige 02 conditions :

- Une flexion plantaire de la tibio-talienne, accompagne toujours la flexion dorsale de la MTP1 lors de la marche.
- Une synergie d'action entre les MTP de tous les rayons dont le but est un contact maximal des orteils au sol pour pouvoir créer la force nécessaire à propulser le corps en avant lors de la marche.

La position 0° de la MTP1 correspond à l'hallux en appui plantaire, ce qui donne un angle M1/P1= 10° à 16° de dorsiflexion. A partir de cette référence les amplitudes sont comme suit:

- **En passif**: (Figure 24)
- Flexion plantaire = 30°
- Flexion dorsale = 90°. Il existe en charge un abaissement de M1 qui potentialise le glissement du complexe sésamoïdo-phalangien sur la tête de M1 amenant alors l'amplitude en charge à 58°.

Dans un plan frontal : faible amplitude d'adduction et d'abduction.



Flexion dorsale passive

Flexion plantaire passive

Figure 24: Mesure des amplitudes articulaires passives de la MTP1 [Collection personnelle].

> En actif:

La mobilité en charge est de 44° +/- 2,5°, qui est adaptée à l'amplitude dont on a besoin pour marcher et qui est de 42° [13].

La marche normale nécessite 42° de flexion dorsale et la marche rapide nécessite une flexion dorsale > à 60° .

Les amplitudes sont plus grandes pour courir, sauter et grimper et toute diminution de la flexion dorsale retenti sur la cheville, le genou et la hanche [12].

La MTP1 est la plus mobile et la preuve est qu'à titre comparatif, la mobilité des MTP des rayons latéraux augmente de M2 à M5 pour la flexion plantaire (respectivement de M2 à M5: 25°, 25°, 30°, 35°) et inversement pour la flexion dorsale (respectivement de M2 à M5: 85°, 75°, 70°, 60°) [21].

Pour les inter-phalangiennes:

La flexion dorsale est identique et nulle alors que la flexion plantaire est identique de 25° pour l'IPD et diminue de O2 à O5 pour l'IPP respectivement de O2 à O5: 70°, 60°, 50°, 45°).

2. Stabilité de la MTP1:

Stabilité verticale (dans un plan sagittal) :

Elle est assurée par la plaque plantaire qui s'insère sur :

- La base de P1 en distal.
- > Des connexions lâches avec la tête des métatarsiens.
- Fortes connexions aux ligaments latéraux.
- Les sésamoïdes qui en font partie.
- Fortes connexions à l'aponévrose plantaire moyenne, elle-même insérée sur le calcanéum, ce qui fait d'elle un élément dynamique.

Stabilité latérale (dans un plan transversal) :

Les ligaments :

- Ligament métatarso-phalangien latéral : solide, bien individualisé et sa section entraine un hallux varus.
- Ligament métatarso-phalangien médial : fin, mal individualisé et résiste mal aux contraintes en valgus de la MTP1.

Les tendons :

Ils participent à la stabilité de la MTP1 par l'intermédiaire des sésamoïdes et leurs actions découlent de leur trajet et de leurs insertions osseuses.

Les structures osseuses :

La stabilité osseuse dans le plan transversal est à la fois essentielle et propre à la MTP1.

Du fait de l'incongruence articulaire entre la tête de M1 arrondie et la base de P1 pratiquement plate, les sésamoïdes occupent une place primordiale dans la stabilité osseuse transversale ; du fait qu'ils soient inclus dans la plaque plantaire (non élastique) et glissent chacun dans une gorge métatarsienne à la manière d'une rotule dans la trochlée.

Les deux gorges sont séparées par une crête osseuse.

Cette architecture osseuse associée à la forte contrainte de l'articulation métatrsosésamoïdienne lors de l'appui, plaque la tête de M1 sur les sésamoïdes et confère à la MTP1 une grande stabilité transversale.

VIII. Etiologies

L'origine multifactorielle de l'hallux valgus est clairement établie depuis plus d'un siècle et la déformation est la conséquence de facteurs anatomiques et constitutionnels avec une composante souvent héréditaire prédisposant et de facteurs extérieurs souvent mécaniques.

L'élément déclenchant la déformation n'est pas précisé mais il existe des facteurs de risque établis.

1. L'hérédité:

Des antécédents familiaux d'hallux valgus sont très souvent retrouvés à l'interrogatoire ; de même que la constatation réelle de famille à hallux valgus, sans pour autant que la plainte clinique soit la même pour tous les membres.

2. Prédisposition génétique :

Une étude réalisée sur 4409 personnes dont 36% avec un hallux valgus a confirmé la présence de variants génétiques associés à l'HV. Les plus spécifiques sont sur les chromosomes 11, 13, 17 et leur expression est fortement liée au sexe [5].

D'ailleurs à ce titre la quasi-totalité des études sur l'hallux valgus confirme la nette prédominance féminine de cette pathologie.

3. Rôle de la chaussure :

La contrainte prolongée imposée par la chaussure au premier rayon contribue à la constitution progressive de la déformation.

La chaussure trop étroite, dévie l'hallux en dehors ce qui aggrave le valgus phalangien et accentue la déformation en valgus sur un pied déjà prédisposé. (Figure 25)

La chaussure trop courte et la chaussure à talon haut augmente l'adductus métatarsien.

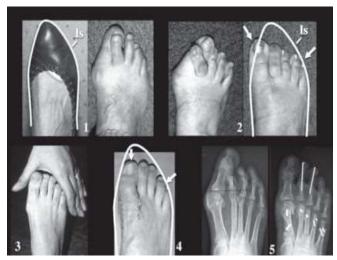


Figure 25 : Pied chaussé et radiographie du pied avec la chaussure [3].

Même si le rôle du chaussage haut a été remis en cause par certains auteurs, le caractère symptomatique ou non de l'HV est largement lié au mode de chaussage et la chaussure étroite est considérée également comme un des facteurs favorisant la récidive.

4. Facteurs morphologiques constitutionnels :

Il s'agit de désordres architecturaux qui favorisent l'apparition, l'aggravation ou encore la récidive de la déformation.

Contrairement à ce que l'on pourrait croire dans un hallux valgus, la responsabilité de l'hallux est minime dans la déformation et les anomalies impliquent le plus souvent le M1 [1].

> Excès de longueur de la première phalange :

Comme c'est le cas dans le pied Egyptien. La fréquence de l'hallux valgus est de 50% dans le pied Egyptien; 23% dans le pied Grec et 27% dans le pied carré.

L'excès de longueur de l'hallux, augmente le bras de levier et l'action des muscles valgisants, ce qui majore les contraintes extérieures entrainant la déformation.

> Le métatarsus varus :

Sa responsabilité est discutée dans l'apparition de l'hallux valgus. Il peut être :

- Primitif : c'est la cause de l'hallux valgus. Il précède le valgus du gros orteil.
- Secondaire : C'est une conséquence de l'hallux valgus, survient après valgus du gros orteil et il fait partie de la déformation.

> Forme et orientation de la tête du premier métatarsien :

- La bascule de la P1 est plus aisée sur une tête de M1 ronde que sur une tête plate.
- Lorsque la surface articulaire distale de M1 est orientée en dehors, elle imprime une bascule à la surface articulaire proximale de P1 et par là même la totalité de l'hallux [22]. Il s'agit d'un élément physiopathologique fondamental qui explique la réduction nette des récidives lors des ostéotomies correctrices.

> Forme et orientation de l'interligne cunéo-métatarsien :

L'interligne cunéo-métatarsien est transversal dans 59%, oblique dans 35% et curviligne dans seulement 6%. L'adductus métatarsien est plus important dans l'interligne curviligne.

L'hyperlaxité de cette articulation aggrave le métatarsus varus et donc la déformation, par contre son enraidissement gênera sa réduction et fera préférer en cas de chirurgie les ostéotomies métatarsiennes.

Hypermobilité de l'articulation cunéo-métatarsienne :

Longtemps incriminée comme facteur favorisant la genèse de l'hallux valgus avant que certaines études n'apportent les preuves que cette hypermobilité serait la conséquence et non la cause de l'hallux valgus et que le traitement isolé de l'hallux valgus sans arthrodèse cunéo-métatarsienne supprimait cette hypermobilité.

Pied plat : le pied plat entraine :

Une pronation du pied laquelle entraine une rotation axiale du premier métatarsien.

Un affaissement de l'arche médiale, ayant pour conséquences un allongement relatif du premier rayon et une élévation passive du premier métatarsien.

Ces trois conséquences du pied plat prédisposent à l'hallux valgus et favorise la récidive après chirurgie

5. Les facteurs dynamiques :

- L'hypermobilité de la première articulation métatarso-phalangiènne, entraine une élévation et une adduction trop importante du premier métatarsien ce qui favorise la déformation.
- L'effacement de la crête inter-sésamoïdienne du premier métatarsien par agénésie favorise le valgus phalangien et la subluxation des sésamoïdes en dehors.

6. Etiologies particulières :

- La polyarthrite rhumatoïde : par destruction de la première articulation métatarsophalangiènne par atteinte capsulo-ligamentaire entraine une déviation du gros orteil en coup de vent.
- L'amputation du deuxième orteil avec conservation du deuxième métatarsien crée un vide entre le premier et le troisième orteil ce qui entraine un valgus phalangien de l'hallux par absence de butée du deuxième orteil.

Pour cette raison il faut toujours associer une résection des 2/3 distaux du deuxième métatarsien dans les amputations du deuxième rayon.

- La griffe et supraductus du deuxième orteil créent un vide qui sera progressivement occupé par l'hallux.
- ➤ Valgus de la deuxième phalange de l'hallux sur la première entraine un hallux valgus inter-phalangien.
- L'hyperlaxité ligamentaire constitutionnelle et l'inefficacité de leur action au premier rayon est un facteur d'HV quand on sait que la tête de M1 ne possède aucune insertion musculaire et que les seules structures pour faire face aux contraintes valgisantes sont la capsule articulaire, le ligament collatéral médial et le sésamoïde médial.
- Rétraction des gastrocnémiens : le triceps jambier est un muscle biarticulaire qui assure la flexion plantaire et participe grandement à la fonction de propulsion lors de la marche. Son rendement est très augmenté lorsqu'il est tendu ce qui se rencontre parfaitement lors de cette propulsion où le genou est en extension et la cheville en flexion dorsale. Les travaux de CAZEAU et STIGLITZ ont démontré que le maximum de pression en regard des têtes métatarsiennes s'observe lors de la phase de propulsion et donc que toute rétraction des gastrocnémiens entraine une surcharge des têtes métatarsiennes[18] favorisant l'hallux valgus, les griffes d'orteils et la fascéite plantaire.
- > Certaines lésions osseuses, ligamentaires ou nerveuses entrainent des hallux valgus.

IX. Anatomopathologie

L'hallux valgus fait suite à la défaillance des éléments de stabilité de la MTP1, dans tous les plans sous l'effet de facteurs intrinsèques et extrinsèques.

Cette instabilité est rendue possible par le fait que la MTP1 bien que soumise à de fortes contraintes, notamment en valgus ne possède aucune insertion musculaire et que les formations capsulo-ligamentaires médiales sont faibles, ce qui la rend vulnérable à ces contraintes.

La déformation une fois installée évolue vers une aggravation plus ou moins rapide selon un cercle vicieux et selon une séquence différente d'un malade à un autre, avec un retentissement d'abord sur le 1^{er} rayon ; qui perturbe l'équilibre musculaire nécessaire à la fonction de propulsion et ensuite sur les rayons latéraux et même sur les chaines articulaires d'amont.

Tous les éléments constituants la MTP1 sont touchés :

1. Sur le plan ostéo-articulaire :

Exostose: (Figure 26)

L'exostose se forme du fait que la partie médiale de la tête de M1 découverte par le valgus est déchargée des contraintes et s'hypertrophie selon la loi de DELPECH [22].

C'est une saillie plus ou moins volumineuse, constituée d'os remanié et de géodes, recouverte de néocartilage irrégulier, toujours séparé du cartilage normal de la tête de M1 par un sillon qui représente la limite de l'exostosectomie.

Située à la face médiale de la tête de M1, en regard de l'insertion du ligament métatarso-phalangien médial et son volume global est celui de l'exostose, de l'hypertrophie de la partie interne de M1 et le décollement de la partie interne de la tête de M1 par la base de P1.



Figure 26 : Exostose sur une radiographie de face [Collection personnelle].

Désaxation osseuse métatarso-phalangiènne :

L'hallux valgus associe à des degrés variables trois déformations :

- Le valgus phalangien : qui a pour conséquence une distension des formations fibreuses médiales et rétraction des formations latérales.
- Métatarsus varus : à la fois cause d'HV mais aussi aggravé par le phénomène d'échappement de la tête de M1 du socle sésamoïdien.
- La rotation phalangienne : pronation.

Ces déformations sont d'abord réductibles puis elles deviennent irréductibles.

La sangle sésamoïdienne :

Les sésamoïdes gardent d'abord leur place ; puis se luxent progressivement en latéral (Figure 27) mais c'est en fait la tête de M1 qui se médialise et quitte le socle sésamoïdien car les sésamoïdes sont solidaires du ligament transverse inter-métatarsien et de la base de P1[22].

La luxation sésamoïdienne a pour causes :

- Une érosion de crête sésamoïdienne.
- Une corde à arc des muscles fléchisseurs et extenseurs qui se transforment en adducteurs entrainant dans leur déplacement le complexe sésamoïdien qui lui est fortement adhérent.

Se constituent enfin des adhérences serrées entre la face latérale de la tête de M1 et le socle sésamoïde latéral.

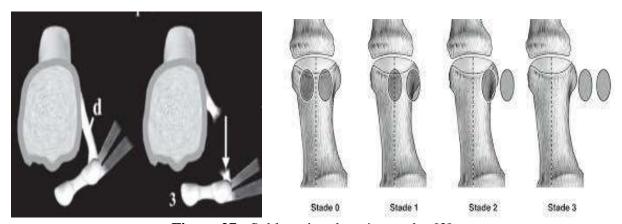


Figure 27 : Subluxation des sésamoïdes [3].

Sésamoïdes subluxés avec rétraction du ligament suspenseur du sésamoïde latéral (d) qui est sectionné avec reposition des sésamoïdes (3). A droite les différentes positions des sésamoïdes.

> Destruction articulaire et arthrose :

C'est une usure et dégénérescence du cartilage sur la partie latérale de la tête de M1 surchargée par le valgus de l'hallux, mais également à la face inférieure et médiale. C'est une arthrose d'origine mécanique.

2. Lésions capsulo-ligamentaires :

La capsule articulaire métatarso-phalangiènne du premier rayon subit les conséquences de la désaxation avec :

- En dehors : raccourcissement, rétraction et adhérences avec le sésamoïde latéral ; ce qui nécessite une libération lors du traitement chirurgical.
- En dedans : une distension et épaississement ; ce qui nécessite une remise en tension.

3. Lésions musculo-tendineuses :

La désaxation en valgus du premier rayon entraine des modifications anatomiques :

Les tendons long fléchisseur de l'hallux et long extenseur de l'hallux suivent le chemin le plus court et créent une corde à arc latérale (figure 28) et se transforment ainsi progressivement en adducteurs ce qui pérennise la déformation.

Le long fléchisseur devenu adducteur imprime une pronation (rotation médiale de l'hallux) entrainant une pronation avec un ongle orienté non plus en haut mais plutôt en haut et en dedans ; le gros orteil se couche sur son flanc médial.

- L'adducteur de l'hallux aggrave le valgus phalangien et devient pronateur.
- L'abducteur de l'hallux devient plantaire et ne peut plus contrebalancer la force de ces trois muscles qui lui sont antagonistes.

Les rétractions fibro-tendineuses invétèrent le valgus

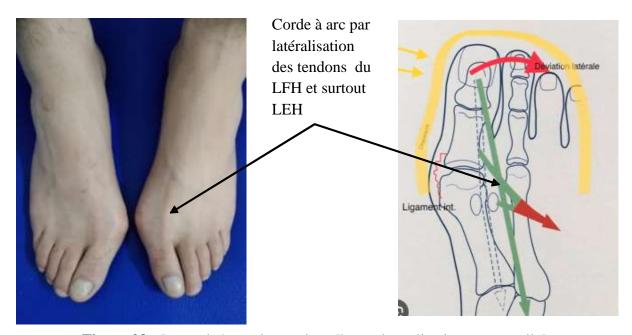


Figure 28 : La corde à arc des tendons [à gauche collection personnelle]

4. Réactions cutanées et sous cutanées :

Le conflit avec la chaussure en regard de l'exostose entraine :

- > Un épaississement épidermique.
- ➤ Une bursite :
 - Congestive.
 - Inflammatoire.
 - Suppurée avec ou sans atteinte osseuse ou d'arthrite.

La rotation médiale de l'hallux entraine une surcharge avec appui sur le bord inféro-médial de la P2 puis sur la P1 et même dans les cas extrêmes en regard de la tête de M1, ce qui entraine un durillon.

Normalement ces réactions cutanées disparaissent dès la correction chirurgicale de la déformation et le rétablissement de l'appui harmonieux sur l'avant-pied et c'est d'ailleurs un bon indice de suivi postopératoire.

5. Retentissement sur les rayons latéraux : (Figure 29)

- Limitation marquée de la flexion plantaire, puis dorsale.
- ➤ Griffe supradductus du deuxième orteil (figure 29.a) : l'hallux glisse sous la pulpe de la P3 du O2.
- ➤ Griffe infradductus du O2. (Figure 29.b)
- Le métatarsus varus entraine une surcharge mécanique des métatarsiens voisins ayant pour conséquence des métatarsalgies.
- > Griffe de l'O2 voir de la totalité des orteils latéraux. (Figure 29.c)
- > Articulation cunéo-métatarsienne:
 - Soit hyperlaxité : qui aggrave la déformation.
 - Soit raideur : qui gêne la réduction, nécessitant une ostéotomie métatarsienne.



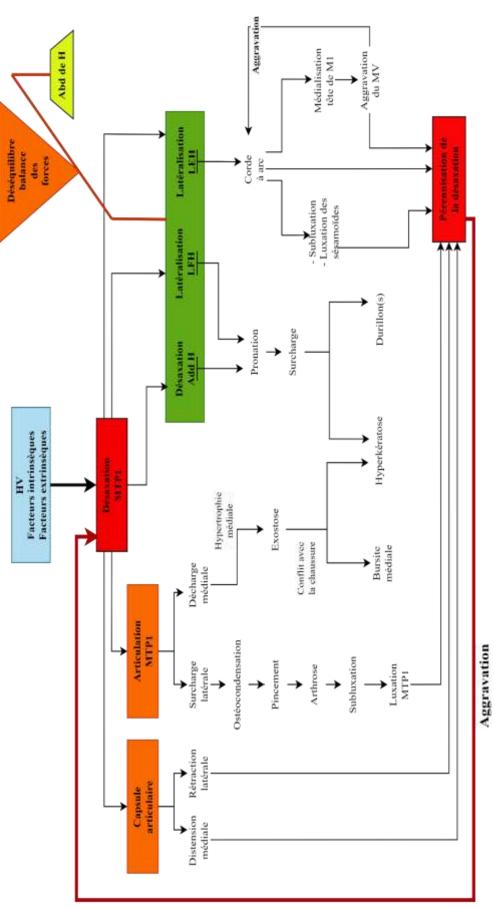
a: Supraductus

b: Infraductus



c: Griffes d'orteils

Figure 29: Retentissement de l'hallux valgus [Collection personnelle].



Add H: Muscle adducteur de l'hallux LEH: Muscle long extenseur de l'hallux.

LFH: Muscle long fléchisseur de l'hallux.

Abd H: Muscle abducteur de l'hallux

Figure 30 : Schéma récapitulatif de l'anatomopathologie de l'hallux valgus [Collection personnelle].

X. Etude clinique

A. Interrogatoire:

1. Informations personnelles:

- Nom, prénom, date de naissance (âge), adresse personnelle.
- Profession, mode de vie, activités sportives et loisirs.
- Poids, taille, pointure.
- Côté atteint.
- Le chaussage habituel (notion de chaussures imposées par l'activité professionnelle).
- Obligation à modifier le type et le mode de chaussage.
- Le retentissement fonctionnel et le handicap généré par la déformation et l'impact de cette pathologie sur la qualité de vie.
- Les antécédents médicaux et chirurgicaux personnels et familiaux notamment des cas similaires dans la famille (hallux valgus familial) ; maladie rhumatismale inflammatoire; tares associées notamment une insuffisance vasculaire et déficit neurologique et d'autres maladies générales avec un retentissement local aux pieds.
- Rechercher les habitudes toxiques qui peuvent entraver la consolidation osseuse et la cicatrisation cutanée.
- Evolution des symptômes et leur état actuel.

2. Motif de consultation :

❖ La douleur : c'est le motif de consultation le plus fréquent et celui qui est le plus à l'origine de la demande thérapeutique quelque soit la sévérité de la déformation

Le siège : la douleur peut avoir des sièges multiples :

- Face interne de la MTP1, en regard de l'exostose, ou rarement à sa face dorsale.
- Deuxième rayon, en rapport avec une surcharge ou griffe d'orteil ou par la présence de cor ou durillon; c'est le syndrome du 2^{ème} rayon qui évolue en trois stades allant de la douleur, à la subluxation voir luxation dorsale par faillite de la plaque plantaire [23].
- Les autres rayons sous forme de métatarsalgies : ce sont des douleurs siégeant sous une ou plusieurs têtes métatarsiennes en rapport le plus souvent avec une surcharge bien évidente par l'hyperkératose en regard. Elles sont :
 - Primaires : d'origine statique, ou propulsive.
 - Secondaires : métabolique, neurologique, traumatique, iatrogène.
 - Elles sont globales (sous toutes les têtes métatarsiennes) ou localisées (médiales, axiales, latérales).

Le type:

- Mécanique par conflit mécanique avec la chaussure ou à la marche par distension capsuloligamentaire médiale ou par arthrose aboutissant à une limitation du périmètre de marche.
- Inflammatoire en rapport avec la bursite congestive ou surinfectée
- Névralgique par irritation du nerf cutané dorsal médial tendu sur la saillie de l'exostose avec parfois une hypoesthésie.

- ❖ La déformation : soit simple bosse de la MTP1 sans désaxation ou bien une désaxation de la MTP1 plus ou moins importante associant à des degrés variables valgus, pronation de l'hallux et élargissement de l'avant-pied.
- ❖ La gêne au chaussage : elle est secondaire à la douleur et à la déformation par un avantpied trop large avec griffe d'orteil obligeant le port de chaussures plus larges.

Conséquences de la déformation sur le chaussage :

- Utilisation d'un matériel de protection improvisé.
- Obligation à porter des chaussures plus grandes.
- Obligation à changer le type et le mode de chaussage.
- ❖ La gêne esthétique : elle est présente chez la quasi-totalité des patients bien qu'elle ne soit pas ou très peu exprimée chez les hommes et les patientes âgées.

Passe parfois en premier avant la gêne fonctionnelle et la douleur. L'évaluation de la psychologie et des motivations du patient et surtout de sexe féminin doit déterminer la part de la douleur et de la gêne esthétique pour démasquer une douleur mise en avant pour ne pas se voir refuser la chirurgie qui est bien sûr réservée aux gènes fonctionnelles.

Elle ne représente pour la quasi-totalité des équipes pas un motif pour l'indication chirurgicale. Cependant, elle peut être prise en compte dans le sens où la souffrance psychologique engendrée par cette déformation et notamment par le regard des gens peut être un motif subjectif de douleurs psychologiques.

Les troubles de l'équilibre : ils sont fréquents chez le sujet âgé avec risque de chute.

B. Examen clinique:

- 1. En décubitus dorsal :
- **Examen du premier rayon :**
- Apprécier la déformation, son importance et sa réductibilité.
- Le valgus phalangien : peut atteindre dans les cas extrêmes 90°.
- La rotation phalangienne : avec un ongle qui regarde en haut et en dedans. (Figure 33)
- Le métatarsus varus : peut être souple ou enraidi (irréductible) apprécié en resserrant transversalement la palette métatarsienne. (Figure 31)



Figure 31 : Serrage de la palette métatarsienne [Collection personnelle]

- Mesurer les amplitudes articulaires de la MTP1: en passif : (Figure 32)
 - Flexion dorsale : 90° (Figure 32a)
 - Flexion plantaire : 30° (Figure 32b)
 - Ces mesures sont à effectuer en corrigeant partiellement l'angle M1-M2 par pression de la palette métatarsienne ; cela nous aide à supprimer un raccourcissement de M1.

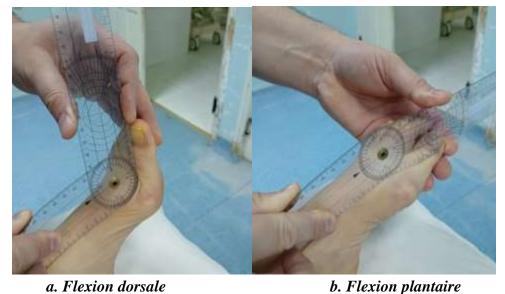


Figure 32 : Mesure des amplitudes articulaires de la MTP1 [Collection personnelle].

- ➤ Importance de l'exostose qui est la somme à la fois de la déformation et de l'hypertrophie médiale de la tête de M1. (Figure 33)
- ➤ Bursite médiale (figure 33) : par conflit avec la chaussure entrainant douleur surtout à la pression, tuméfaction, rougeur, impression de peau fine avec disparition des plis de surface, elle peut s'infecter ou s'est déjà infectée avec fistulisation.
- > Durillons et hygroma qui peut se surinfecter ou fistuliser.

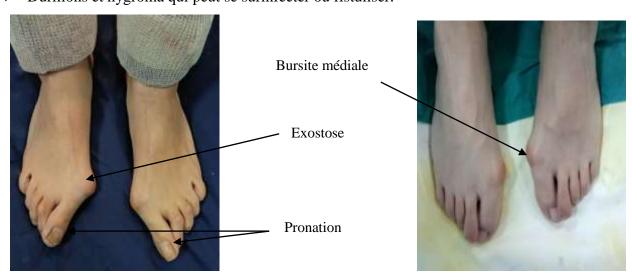


Figure 33: Hallux valgus évolué (déformation, pronation, bursite) [Collection personnelle].

Rechercher une instabilité de l'articulation cunéo-métatarsienne : immobiliser les autres têtes métatarsiennes entre le pouce et les doigts d'une main et saisir la tête de M1 entre le pouce et l'index de l'autre main puis exercer un mouvement dorso-plantaire forcé. Si l'amplitude dépasse 9 mm, c'est une hyper mobilité de cette articulation. (Figure 34)



Figure 34: Instabilité cunéo-métatarsienne [Collection personnelle].

- * Examen du deuxième orteil: recherche le retentissement sur le deuxième rayon.
- Griffe du deuxième orteil.
- Supraductus: O2 au-dessus de O1. (Figure 35).
- Infraductus: O1 au-dessus de O2. (Figure 35).
- Adduction (valgus) du R2.





Supraductus

Infraductus

Figure 35 : Supraductus et infraductus [Collection personnelle].

Examen du reste du pied :

- Etude du canon des orteils : consiste à étudier la longueur de l'hallux par rapport aux rayons latéraux et distingue : (Figure 36)
 - Pied Egyptien: l'hallux est plus long que le O2.
 - Pied Grec: l'hallux est plus court que le O2.
 - Pied carré : l'hallux est de même longueur que les 3 rayons latéraux.



Figure 36 : Canon du pied [Collection personnelle].

L'étude du canon des orteils nécessite au préalable de réaxer un hallux valgus et étendre les orteils latéraux s'ils sont en griffes.

- > Griffe des autres orteils.
- ➤ Coup de vent ou valgus de tous les rayons latéraux.
- ➢ Quintus varus (bunionnette des anglosaxons), dans laquelle le 5^{ème} orteil est dévié en dedans et dont la conséquence est une proéminence de la tête de M5. C'est une déformation miroir de l'hallux valgus et l'indication opératoire n'est retenue qu'en présence de symptômes. (Figure 37)



Figure 37 : Quintus varus [Collection personnelle].

- Morphotype du pied : normal, plat, creux ou serpentin.
- Orientation de l'arrière pied : normale, en varus ou en valgus.
- Fonction du couple de torsion.
- Appui pulpaire : spontanée, en pression volontaire ou impossible.
- Rechercher des troubles de l'appui au sol : hyperkératose, durillon ou cors (Figure 38) qui peuvent siéger :
 - Sur le bord médial et la pulpe de la P2 du gros orteil ; en rapport avec une pronation du gros orteil.
 - Sur la pulpe de P3 du deuxième orteil ; en rapport avec la griffe infraductus.
 - Sur la face plantaire de la tête de M2 ; dite en médaillon en rapport avec la griffe supraductus du deuxième orteil, syndrome du deuxième rayon.
 - Sur la face plantaire des autres métatarsiens dite en barre par transfert de charge sur les rayons latéraux.
 - Sur la face latérale de l'hallux ou face médiale du O2.



Figure 38 : Hyperkératose, durillons et cors [Collection personnelle].

- ➤ Rechercher une rétraction des gastrocnémiens par la manœuvre de SILFVERSKIOLD [3] : (Figure 39)
 - Si l'équin du pied genou en extension disparait à la flexion du genou : la rétraction provient des gastrocnémiens.
 - Si l'équin du pied genou en extension persiste à la flexion du genou : la rétraction provient du soléaire.

Il faut toutefois éviter le piège de la sous taliènne et maintenir le pied en supination pendant ce test : si le pied n'est pas maintenu en supination, la sous taliènne restant mobile va donner un faux aspect de flexion dorsale et la rétraction des gastrocnémiens est alors méconnue.

Cette recherche est systématique car la rétraction des gastrocnémiens est un facteur déclenchant, aggravant ou de récidive d'hallux valgus.

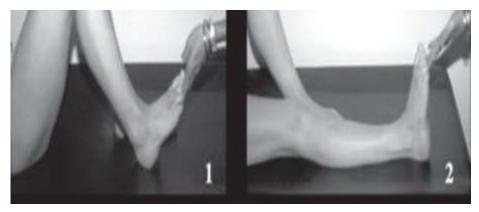


Figure 39: Manœuvre SILFVERSKIOLD [3]

- Recherche de facteurs de complications et de troubles trophiques : ils peuvent constituer des contre-indications relatives à la chirurgie.
- Etat vasculaire : pouls, chaleur, coloration, varices.
- Etat neurologique : sensibilité superficielle et profonde.
- Etat cutané : ulcérations, mycose (onychomycose et intertrigo).
- Examen du genou et de la hanche.
- Rechercher d'autres malformations des membres.

2. Debout:

C'est l'étude de l'empreinte plantaire à la podoscopie et à la baropodomètrie qui recherche des troubles de l'appui au sol de l'hallux, de l'avant-pied et même de tout le pied.

3. A la marche:

- > Regarder le patient marcher.
- > Se mettre sur la pointe des pieds.
- Examen de la chaussure usagée afin d'apprécier l'usure et la déformation de celle-ci

C. Examen psychologique:

Bien que ce soit difficile en une consultation, une évaluation psychologique par l'orthopédiste lui-même est importante et vise à recueillir les motivations du patient et ses capacités de coopération aux consignes post-opératoires.

Il faut s'appliquer à identifier les patientes demandeuses d'esthétique et pour lesquelles la chirurgie risque d'être décevante, par ses nombreuses complications surtout si elles ont conservé leurs performances fonctionnelles.

Il faut bien expliquer le risque lié à la chirurgie et les résultats espérés sur la douleur, le chaussage, la déformation et les inconvénients de cette chirurgie notamment la raideur, les douleurs séquellaires, l'œdème et le risque de récidive, pour ne pas tomber dans l'impression d'échec sans échec.

XI. Etude radiologique

Les radiographies du pied dans l'hallux valgus ont un double intérêt ; d'abord diagnostique, qui débouche sur une planification préopératoire qui permettra de choisir une indication thérapeutique et ensuite une évaluation des résultats de la chirurgie en postopératoire précoce et tardif.

A. Le bilan radiologique à demander :

L'étude radiologique de l'hallux valgus repose sur :

- Radiographies du pied : de face et de profil en charge.
- Incidences des sésamoïdes (soit incidence de GUNTZ ou de WALTER-MULLER).

Certaines conditions doivent impérativement être respectées :

- Les radiographies sont faites en position debout en charge qui donne aux pieds un aspect fixe dans le temps permettant de limiter les marges d'erreurs et les différences de lecture dans le temps. A titre d'exemple la radiographie faite en décharge sous-estime l'angle M1-M2 de 4° [25].
- 2. Un agrandissement à 100% est fortement recommandé bien que cette condition soit devenue difficile à obtenir avec les radiographies numériques, mais il faut bien préciser cela sur la prescription [26].
- 3. Les radiographies doivent dans la mesure du possible être réalisées par le même radiologue avec la même inclinaison et la même pénétration ; ceci réduit les marges d'erreurs lors de l'évaluation post-opératoire.
- 4. La lecture radiologique et surtout les mesures angulaires doivent être faites par le chirurgien seul ou en association avec le radiologue. Il est admis de tous que la lecture inter-observateurs des mesures manuelles engendre des erreurs de l'ordre de 6 à 20% soit 4° à 6° et 1 à 2mm [25].
- 5. Les mesures angulaires sont plus précises au rapporteur (figure 40) et les mesures au goniomètre moins précises sont à proscrire.



Figure 40 : Outils des mesures radiologiques manuelles [Collection personnelle].

B. Protocole de réalisation des radiographies :

1. Radiographie dorso-plantaire de face en charge : (Figure 41)

Technique de réalisation : [25]

- Patient debout les deux pieds sur la cassette.
- ➤ Genoux légèrement fléchis en Schuss et prendre les deux pieds pour reproduire au mieux les conditions de charge réelles.
- ➤ Distance source-plaque = 1 mètre.
- ➤ Rayon incident oblique de 15° à 20° pour être perpendiculaire aux pieds, centré sur le milieu du dos du pied.

Critères d'un bon cliché : [25]

- ➤ Interligne cunéo-métatarsien du 1^{er} rayon bien visible.
- ➤ Aspect arrondi des têtes de M2 et M3.
- Sésamoïdes proches de l'interligne MTP1.



Figure 41 : Radiographie dorso-plantaire de face en charge, technique et cliché. [Collection personnelle]

2. Radiographie du pied de profil en charge : (Figure 42)

Technique de réalisation : [25]

- Sujet debout de profil avec appui bipodal, charge du corps sur le pied à radiographier et si possible avec appui monopodal.
- ➤ Genou fléchi à 20° (en Schuss).
- > Cassette contre la face latérale du pied.
- Rayon horizontal centré au niveau de l'os naviculaire

Critère d'un bon cliché:

Cheville de profil strict attesté par le dôme du talus qui décrit une seule ligne semi-circulaire.



Figure 42 : Radiographie du pied de profil en charge, technique et cliché [Collection personnelle].

3. Incidence des sésamoïdes de GUNTZ : (Figure 43)

Technique de réalisation :

- > Sujet à genou avec pieds reposants sur les orteils en hyperextension.
- Le rayon est oblique centré sur les têtes métatarsiennes.
- > On réalise d'abord une scopie jusqu'à obtenir un M1 verticale puis on réalise le cliché.

Critère d'un bon cliché:

- ➤ M1 vertical.
- ➤ Alignement de toutes les têtes métatarsiennes.

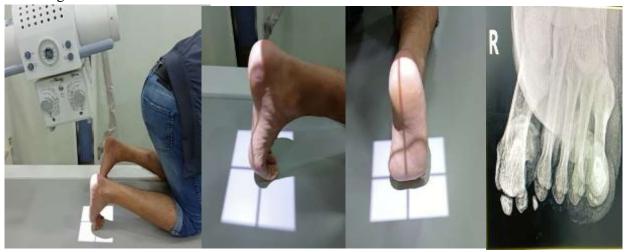


Figure 43 : Incidence des sésamoïdes de GUNTZ, technique et cliché [Collection personnelle].

C. Résultats et interprétation radiologique :

Il est quasiment impossible voir inutile de calculer tous les angles du pied. Il faut se limiter au minimum pour une bonne planification.

1. Radiographie de face en charge :

On définit quelques valeurs normales :

❖ Angle du valgus métatarso-phalangien (HVA) : (Figure 44)

Obtenu en traçant l'axe de M1 et l'axe de P1. Sa valeur normale : 8° à 15°.

La détermination de l'axe de M1 se fait selon deux méthodes :

- Méthode diaphysaire : l'axe suit le milieu de la diaphyse.
- Méthode épiphysaire : utilisant comme repère le centre de la tête de M1 en distal (déterminé par le cercle de MOSE qui doit passer à l'intérieur des bords médial, latéral et distal de M1 et en post-opératoire avec la résection de l'exostose ce cercle doit s'appuyer sur les bords latéral et distal de la tête de M1) et le milieu de la jonction métaphyso-diaphysaire en proximal.

L'axe de P1 est déterminé selon les mêmes repères diaphysaires et lorsqu'il est altéré par la pronation, on prend comme repères : la partie la plus concave de la surface articulaire proximale et la gorge qui sépare les facette latérale et médiale en distal.

L'angle HVA est en moyenne supérieur chez la femme que chez l'homme. Il est le reflet direct de la sévérité de la déformation.



Figure 44 : Calcul du HVA sur le cliché radiologique de face par les deux méthodes [Collection personnelle].

❖ Angle inter-métatarsien (IMA) : (Figure 45) appelé aussi métatarsus varus :

Obtenu en traçant l'axe de M1 et l'axe de M2. Sa valeur normale : 5 à 10° . On parle de métatarsus varus si l'angle est $> 10^{\circ}$.

Il existe de véritables hallux valgus sans métatarsus varus et celui-ci doit être interprété en fonction du métatarsus adductus qui est calculé par la mesure de SCARLATO par plusieurs lignes :

• La ligne latérale entre les interlignes calcanéo-cuboïdien et tarsométatarsien du 5^{ème} rayon

- La ligne médiale entre les interlignes talo-naviculaire et cunéo-métatarsien du premier rayon
- Une ligne qui unit le milieu des deux lignes précédentes et sa perpendiculaire qui doit être rapportée à l'axe du M2.

La valeur normale est $< 15^{\circ}$.

Le métatarsus adductus entraine une sous-évaluation de l'angle inter-métatarsien c'est pour cela qu'on mesure l'angle IMA réel = IMA mesuré + (métatarsus adductus - 15°).



Figure 45 : Cliché radiologique pour les deux angles (Métatarsus varus, et métatarsus adductus) [Collection personnelle].

❖ Angle inter-phalangien (IPA) : (Figure 46a) obtenu en traçant l'axe de P1 et l'axe de P2

L'axe de P1 est décrit précédemment et l'axe de P2 va de l'extrémité distale de la phalange au milieu de la surface articulaire proximale ou bien à mi-distance des corticales, médiale et latérale à 5mm de la surface articulaire proximale.

Valeur normale $\leq 10^{\circ}$ en moyenne. En cas d'hallux valgus, cette mesure est faussée par la pronation allant même dans les cas extrêmes à montrer un varus à la radiographie, cela est dû au fait que l'hallux se projette en rotation de $\frac{3}{4}$.

- ❖ L'angle d'obliquité de la surface articulaire proximale de P1 (PPAA) : (Figure 46b) Obtenu en traçant l'axe diaphysaire de P1 et la perpendiculaire à la surface articulaire proximale de P1. Valeur normale < 8°.
 - **❖ L'angle global des déformations phalangiennes :** (Figure 46c) c'est en fait la somme IPA + PPAA.

Il peut être calculé directement par l'angle formé par l'axe de P2 et la perpendiculaire à la surface articulaire proximale de P1.

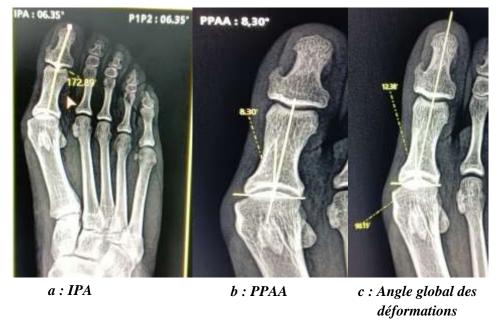


Figure 46 : Les trois angles phalangiens [Collection personnelle].

❖ Angle de la surface articulaire distale de M1 : DMAA = Distal Metatarsal Articular Angle : (Figure 47)

Obtenu en traçant l'axe de la diaphyse de M1 et la perpendiculaire à la tangente aux deux points extrêmes de la surface articulaire distale de M1.

Valeur normale $< 10^{\circ}$ (3° à 6°). La mesure est dite positive si la surface articulaire regarde en dehors et négative si elle regarde en dedans.

Cette mesure est augmentée par la pronation de M1. Il est caractéristique des hallux valgus congénitaux et non corrigé, il représente un facteur de récidive et de mauvais résultat.



Figure 47 : Mesure du DMAA [Collection personnelle].

❖ Angle de la surface articulaire distale de M1 par rapport à l'axe de M2 : DM2AA : (Figure 48)

Obtenu en traçant l'axe de la diaphyse de M2 et la perpendiculaire à la tangente aux deux points extrêmes de la surface articulaire distale de M1.

Valeur normale = 0° .

C'est un excellent objectif à atteindre chirurgicalement. Il est lié à l'angle IMA et au DMAA par la formule géométrique suivante : **DM2AA= DMAA – IMA** [27]



Figure 48 : Mesure du DM2AA [Collection personnelle].

❖ Angle d'étalement métatarsien (M1-M5) : (Figure 49) obtenu en traçant l'axe de M1 et l'axe de M5.

Valeur normale : 15° à 20°. Cet angle ne parait pas d'une grande importance dans la prise en charge de l'hallux valgus.



Figure 49 : Mesure de l'étalement de la palette métatarsienne [Collection personnelle].

❖ Index métatarsien : selon la formule de VILADOT

Index minus : M1 < M2Index minus plus : M1 = M2

• Index plus : M1 > M2.

Normalement M2 est légèrement plus long que M1.

L'index métatarsien ne doit pas être confondu avec le canon de l'avant-pied (Egyptien, carré ou Grec) qui concerne la longueur du premier et du deuxième orteil ; en effet on peut avoir un pied Egyptien avec un index métatarsien minus.

***** Evaluer la formule métatarsienne :

Normalement les têtes métatarsiennes décrivent une courbe régulière « parabole de LELIEVRE » comme suit : M1<M2>M3>M4>M5.

Les longueurs métatarsiennes décrivent la courbe de MAESTRO : (Figure 50)

- M2 est égale ou plus long que M1 de 2 à 3 mm.
- Axe SM4 : l'axe entre le sésamoïde latéral et la tête de M4 doit être perpendiculaire à l'axe sagittal du pied (formé par la ligne entre le sommet de M2 et le milieu de l'arrière-pied).
- Le M1 est plus court que M2 de 10 mm (+ 3/ 7 mm) sans influencer le SM4.
- Progression géométrique osseuse à raison de 2 (X, 2X, 4X) (si X est de 3mm on aura :
 - M2 est plus long que M3 de 3mm
 - M3 est plus long que M4 de 6mm
 - M4 est plus long que M5 de 12mm



Figure 50 : Radiographie de la formule métatarsienne avec les angles [25].

Angle de MESCHAN:

Obtenu en traçant l'axe des têtes de M1 M2 et l'axe des têtes M2 M5. Valeur normale : 135°.

❖ Etat de l'interligne articulaire : Obtenu en traçant la tangente de la surface articulaire distale de M1 et la tangente à la surface proximale de P1 et apprécier son caractère parallèle ou non : (Figure 51)

- Congruence : les deux surfaces articulaires sont parallèles.
- Déviation : les deux surfaces sont convergentes en dehors de la surface articulaire ou du côté latéral de la surface articulaire.
- Subluxation : les deux surfaces articulaires sont convergentes au niveau de la MTP1.

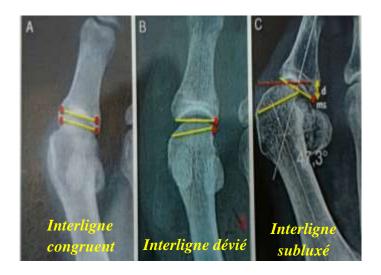


Figure 51 : Congruence articulaire [27].

Le point « ms » décrit par BAROUK (figure 52) correspond au point le plus proximal du bord latéral de P1 et la distance orthogonale « ms » entre ce point et la tangente à la surface distale de M1 correspond aux degrés de raccourcissement à effectuer pour réduire l'hallux valgus [3].



Figure 52: Mesure du raccourcissement à effectuer par rapport à la distance ms [collection personnelle].

Situation de la tête de M1 par rapport aux sésamoïdes :

A l'état normal, les deux sésamoïdes sont sous la tête de M1, de part et d'autre de la ligne médiane.

Si la tête de M1 se déplace médialement, le déplacement à considérer est celui des sésamoïdes et on l'apprécie par rapport :

Au bord latéral de la tête de M1:

- Stade 1 : croise le sésamoïde latéral.
- Stade 2 : dépasse le sésamoïde latéral.
- Stade 3 : rejoint le sésamoïde médial.

A la ligne médiane de la tête de M1 : selon la classification d'AGRAWAL (Figure 53)

Stade 1 : la ligne médiane est entre les deux sésamoïdes(A).

Stade 2 : la ligne médiane chevauche moins de la moitié de la surface du sésamoïde médial (B).

Stade 3 : la ligne médiane chevauche plus de la moitié de la surface du sésamoïde médial (C, D).

Stade 4 : la ligne médiane dépasse le sésamoïde médial (E, F).



Figure 53 : Luxation des sésamoïdes [27]

Etude de l'articulation cunéo-métatarsienne : (Figure 54)

L'interligne articulaire peut être oblique, transversal ou curviligne. Le prolongement de cet interligne croise normalement M5 au milieu ou plus en arrière (en amont du milieu). Les mesures angulaires de cette articulation sont :

- ❖ Angle cunéo-métatarsien (ACM) : (figure 53a) obtenu par la tangente à la surface distale du cunéiforme et la tangente à la surface proximale de M1.
- ❖ Angle d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme (AISADC) : (figure 53b) obtenu par la tangente à la surface articulaire distale du cunéiforme et l'axe de M1.

❖ Angle d'inclinaison de la base de M1 (AIBM1): (figure 53c) obtenu par la tangente à la surface articulaire proximale de M1 et l'axe de M1.



Figure 54 : Mesures angulaires de l'articulation cunéo-métatarsienne [Collection personnelle].

* Rechercher:

- Importance du volume de la tête de M1 (exostose).
- Forme de la tête métatarsienne : ronde ou plate.
- Visualisation normalement impossible de la crête métatarsienne sur le cliché de face synonyme de l'élèvatus de la tête de M1 et donc indirectement de l'instabilité cunéométatarsienne [28].
- Géodes sur la tête de M1 qui peuvent poser problème en cas d'ostéotomie distale passant par ces géodes.
- Arthrose : en cas de pincement.
- Un hyperphalangisme de P1.
- Un quintus varus radiologique.
- Mesurer la longueur de M1 : cette mesure est très sensible et très influencée par l'inclinaison du rayon.
- Présence d'un os inter-métatarsien.
- Orientation des orteils par rapport à l'axe métatarsien correspondant.
- Luxation ou subluxation des articulations métatarso-phalangiènnes des rayons latéraux.

2. Radiographie de profil en charge : (Figure 55)

❖ Angle de DJIAN ANNONIER (angle de l'arche interne du pied) : obtenu par l'intersection de deux droites unissant : le point le plus bas du calcanéus/point le plus bas de l'articulation talo-naviculaire ; point le plus bas de l'articulation talo-naviculaire/ point le plus bas du sésamoïde médial.

Valeur normale: 120° à 125°.

- ❖ Pente calcanéenne : angle formé par la tangente au bord inférieur du calcanéum et l'horizontale. Valeur normale : 15° à 20°.
- ❖ Ligne de MEARY: obtenue en traçant l'axe diaphysaire de M1 et l'axe du talus qui représente la bissectrice de l'angle formé entre les bords supérieur et inférieur du talus. Valeur normale: 0°.
- ❖ Angle d'attaque de M1 : obtenu en traçant l'axe diaphysaire de M1 et l'horizontale.
 Valeur normale : 20° à 25°.
- ❖ Angle d'attaque des métatarsiens latéraux : obtenu en traçant l'axe diaphysaire de chaque métatarsien et l'horizontale. Les valeurs normales sont : 15°, 10°, 8°, 5° respectivement pour M2, M3, M4, M5.

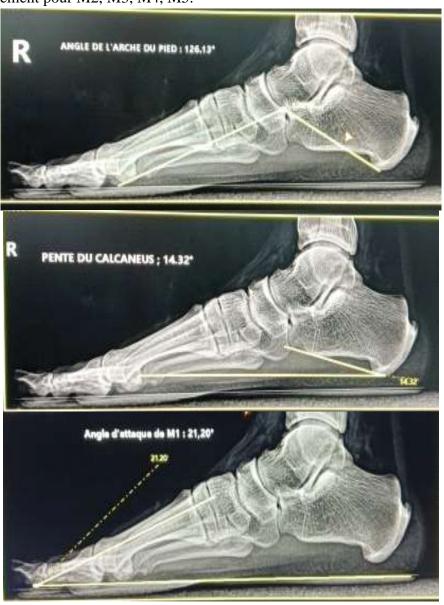


Figure 55 : Radiographie de profil en charge [Collection personnelle].

* Rechercher:

- Les griffes d'orteil.
- > Un supraductus ou infraductus.
- > Subluxation ou luxation métatarso-phalangiènne.
- Ostéophytes dorsaux de la MTP1.

3. Incidence sésamoïdienne de GUNTZ:

Apprécier l'alignement des têtes métatarsiennes et leur position par rapport au sol. Apprécier le déplacement des sésamoïdes par rapport à la tête de M1 :

- Stade 1 : débord d'un sésamoïde dans l'espace M1 M2.
- > Stade 2 : sésamoïde latéral complètement dans l'espace M1 M2.
- > Stade 3 : les deux sésamoïdes sont dans l'espace M1 M2 et souvent glissement sur la face latérale de la tête de M1.

Apprécier le déplacement des sésamoïdes par rapport à la crête sésamoïdienne : (figure 56)

- > Grade 0 : sésamoïde médial en dedans de la crête sésamoïdienne.
- > Grade 1 : débord < 50% du sésamoïde médial sur la crête sésamoïdienne.
- ➤ Grade 2 : débord > 50% du sésamoïde médial sur la crête sésamoïdienne.
- > Grade 3 : sésamoïde médial du côté latéral de la crête inter-sésamoïdienne.

Rechercher une hypoplasie de la crête sésamoïdienne.

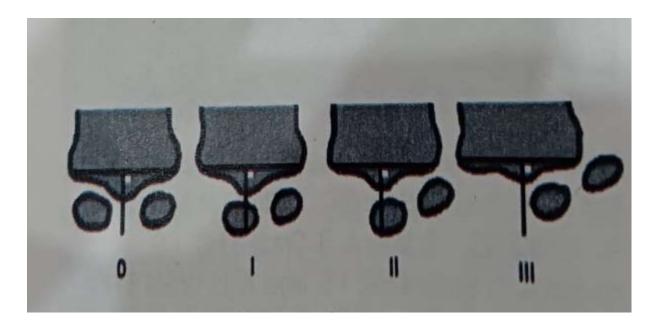


Figure 56 : Déplacement des sésamoïdes par rapport à la crête sésamoïdienne [25].

❖ Angle de rotation des sésamoïdes (SRA): (figure 57) entre la ligne passant par le bord inférieur des sésamoïdes médial et latéral et la ligne horizontale. Valeur normale= 7,4°.



Figure 57 : Mesure de l'angle de rotation sésamoïdienne [Collection personnelle].

❖ Angle de rotation métatarsienne (MRA) : (figure 58) entre la tangente aux bords latéral et médial de la surface articulaire plantaire de la tête de M1 et la ligne horizontale. Valeur normale : $1,6^{\circ}$ (+ ou − $9,8^{\circ}$).



Figure 58 : Mesure de l'angle de rotation métatarsienne [Collection personnelle].

XII. Formes radio-cliniques

Les caractéristiques radiologiques et cliniques de certains hallux valgus permettent de distinguer certaines formes :

1. Hallux valgus congénital du sujet jeune : (Figure 59.1)

Se caractérise par son apparition précoce ; présent à l'enfance ; symptomatique à l'adolescence et évolue vers les hallux valgus les plus sévères après 50 ans en l'absence de traitement [3].

L'hallux valgus congénital peut être associé à d'autres malformations notamment au niveau des mains. Il est dû à une perturbation lors du développement intra-utérin vers le 4^{ème} mois. Dans ces cas de polymalformation, il est toujours bon de faire une exploration génétique.

Il se manifeste par une déviation du gros orteil sans pathologie des rayons latéraux avec souvent une mise en évidence d'un valgus inter-phalangien lors de la flexion passive de l'IP à la différence des hallux valgus inter-phalangiens permanents. Ainsi qu'un aspect étroit de l'extrémité de hallux en dorsal et en plantaire.

A la radiologie:

- Dysplasie de la MTP1 avec une bonne congruence.
- L'angle intermétatarsien (IMA) n'est pas très augmenté du moins au début.
- DMAA très augmenté.
- Disparition de la crête inter-sésamoïdienne.
- Tête de M1 plus ronde que l'hallux valgus classique.
- Atrophie ou hypotrophie du sésamoïde latéral.

2. Hallux valgus modéré ou débutant : (Figure 59. 2 et 3)

Une particularité opératoire est le muscle abducteur de l'hallux visible lors de l'abord médial car il ne s'est pas encore latéralisé.

3. Hallux valgus sur avant-pied triangulaire : (Figure 59.4)

Touche surtout la jeune femme de 40 ans.

La déformation du premier rayon est associée à une déformation en miroir du cinquième rayon (quintus varus) et à une pathologie des rayons latéraux.

A la radiologie:

- Métatarsus varus important.
- Valgus de M5.
- Pas de dysplasie de la tête de M1.
- DMAA normal.
- Incongruence.



Figure 59 : Formes cliniques et radiologiques [Collection personnelle].

1. HV congénital. 2 et 3. HV débutant. 4. HV sur avant-pied triangulaire. 5. HV majeur du sujet âgé avec arthrose radiologique.

4. Hallux valgus arthrosique : (Figure 59.5)

Destruction du cartilage en médial et conservation d'un cartilage sain en latéral qui est une constatation peropératoire en rapport avec un DMAA pathologique est corrigée en médialisant la surface articulaire. On constate d'ailleurs souvent une amélioration de la symptomatologie douloureuse et des radios en post-opératoires.

5. Hallux valgus majeur du sujet âgé:

C'est l'évolution de l'une des formes précédentes négligées. Il associe :

- Hallux valgus majeur.
- Pathologie des rayons latéraux et du petit orteil.
- DMAA normal.
- Incongruence articulaire.

6. Hallux valgus sur pied laxe avec valgus de l'arrière pied :

Avant-pied triangulaire avec valgus de l'arrière pied et parfois une arche médiale affaissée. L'hyperlaxité favorise les récidives.

7. Hallux valgus et pied spastique :

Le pied spastique s'accompagne de désordres qui ne font qu'aggraver l'hallux valgus : flessum des genoux, rotation latérale du pied, valgus du pied, supination du pied, raccourcissement des tendons postérieurs.

Ici, l'hallux valgus s'associe à d'autres déformations : coup de vent latéral des orteils, supraductus du O2 qui est en fait un infraductus du O1 par défaut de flexion dorsale.

Partant de ce principe, la chirurgie de l'hallux valgus doit non seulement commencer par régler les désordres d'amont, mais également doit faire appel à des gestes sur les rayons latéraux qu'ils soient osseux ou sur les parties molles.

8. Hallux valgus selon les classifications :

• Classification de COUGHLIN:

HV léger : HVA <20° et IMA entre 10° et 14°.

HV modéré : HVA de 20° à $30^{\circ}/40^{\circ}$ et IMA entre 14° et 20° .

HV sévère : HVA $>40^{\circ}$ et IMA $>15^{\circ}$ à 20° .

• Classification de l'hallux valgus selon l'angle HVA>15° [30] :

HV mineur : HVA= 15° à 20°. HV modéré : HVA= 20° à 40°. HV sévère : HVA= 40° à 60°.

HV grave : HVA $> 60^{\circ}$.

XIII. Traitement de l'hallux valgus

XIII.1. Traitement non chirurgical:

Le traitement non chirurgical ne peut prétendre remplacer la chirurgie, guérir ou corriger la déformation, mais seulement améliorer la tolérance de la déformation sans pouvoir éviter l'évolution vers l'aggravation. Il consiste à :

- Adaptation et conseil de chaussage :
 - Port de chaussures confortables pour un HV léger, ou chaussures souples plus larges pour un HV modéré, voir des chaussures orthopédiques sur mesure dans les HV sévères.
 - Eviter les talons> 5cm de haut soit une dénivelée < 11°.
- ➤ Rééducation fonctionnelle ; étirements des muscles intrinsèques et extrinsèques.
- > Orthèses : (Figure 60)
 - Souple diurne et chaussable : bande élastique et écarteur interdigital.
 - Rigide nocturne : attelle anti-HV du commerce.
 - Semelles orthopédiques en cas de pieds plats.
 - Orthoplasties pour les cors et les durillons.

Les orthèses sont inadaptées à la chaussure fine féminine ce qui amène souvent à leur abandon par les patientes.



Figure 60 : Orthèses pour hallux valgus.

XIII.2. Traitement chirurgical:

La seule véritable correction de l'hallux valgus est chirurgicale quelque soit la technique, dont le choix repose sur des caractéristiques particulières.

Il est quasiment impossible de décrire toutes les techniques chirurgicales ou leurs variantes ; on se limitera à décrire les techniques bien qu'abandonnées ont été innovantes et précurseurs de nouvelles techniques et les interventions les plus utilisées.

XIII.2.1. Buts du traitement :

- ➤ Aligner le squelette.
- > Stabiliser et rétablir la congruence de la MTP1 et de la métatarso-sésamoïdienne.
- ➤ Recentrer les parties molles surtout plantaires.
- Restaurer l'anatomie et la fonction propulsive du premier rayon au sein de la mécanique de l'avant-pied.
- Retrouver un bon niveau fonctionnel et un chaussage esthétique.
- Prévenir la récidive.

XIII.2.2. Techniques et procédés

Il est classique de distinguer :

- ☐ Les techniques radicales.
- ☐ Les techniques conservatrices ; devisées en :
 - Interventions sur les parties molles.
 - Les ostéotomies.

A. Les interventions radicales :

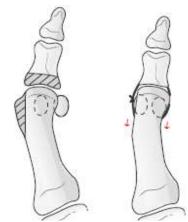
Elles sacrifient la première articulation métatarso-phalangiènne (MTP1).

1. Résections arthroplastiques :

Elles s'associent toujours à une libération externe et une remise en tension interne.

Que la résection concerne la tête de M1 (figure 61.A) ou la base de P1 (figure 61.B) ou les deux à la fois (figure 61.C), avec ou sans interposition capsulaire ; ces interventions ont été suivi de mauvais résultats anatomiques et fonctionnels ce qui a mené à leur abandon.







A. Résection du côté métatarsien

Interventions de HUETER (1871) ; de MAYO (1908) Intervention d'ALBRECHT (1911).

B. Résection du côté phalangien

Intervention de KELLER – BRANDES (1904), modifiée par LELIEVRE

C. Résections mixtes Intervention de GIRDELSTONE (1937)

Figure 61 : Les résections arthroplastiques [2].

2. Arthrodèse métatarso-phalangiènne :

Elle a pour principe de transformer une articulation douloureuse, souvent peu mobile et déformée en une articulation fusionnée, non douloureuse, axée (alignée) et stable.

La technique doit strictement obéir à certains principes :

- ➤ Réduire le métatarsus varus au risque d'avoir un pied large difficilement chaussable. Normalement le repositionnement de P1 sur M1 corrige le métatarsus varus par reposition des sésamoïdes et de la plaque plantaire, sinon une ostéotomie peut être associée.
- ➤ Ne pas trop raccourcir M1 qui aura pour conséquence des métatarsalgies de transfert.
- L'avivement des surfaces articulaires, phalangienne et métatarsienne doit respecter la face inférieure de la tête de M1 et conserver le cartilage en regard des sésamoïdes.
- Avoir une articulation tibio-talienne et une inter-phalangienne de l'hallux libres et dont l'ankylose représente une contre-indication pour certains.
- Orientation de l'arthrodèse selon les critères établis par MEARY :
 - Un valgus métatarso-phalangien de 15 à 20° voire 20° à 25° chez la femme.
 - Une flexion dorsale de 15 à 20° chez l'homme et 20 à 25° chez la femme.
 - Une rotation neutre.
 - Vérifier que les extrémités du O1 et O2 sont du même niveau sinon reséquer plus d'os.
- Ostéosynthèse par : (figure 62)
 - Une vis postéro-antérieure.
 - 02 vis ou 02 broches croisées.
 - Agrafe iso-élastique.
 - Plaque dorsale avec une vis.



Ostéosynthèse par broche et agrafe



Ostéosynthèse par plaque



Ostéosynthèse par vissage croisé

Figure 62: Arthrodèse métatarso-phalangiènne [28].

3. Prothèse métatarso-phalangienne :

Dans l'hallux valgus, elles ne corrigent pas les déformations et doivent donc être associées à des ostéotomies.

B. Les interventions conservatrices:

Elles respectent l'articulation métatarso-phalangiènne et comportent quatre temps :

- Arthrolyse latérale.
- Exostosectomie.
- Correction des déformations par : plastie ligamentaire ou ostéotomies dont le choix sera fait en fonction d'une planification préopératoire rigoureuse.
- Remise en tension médiale.

Auxquels on rajoute un 5^{ème} temps, selon l'importance de la déformation pour certains et systématique pour d'autres qui est l'ostéotomie de varisation et/ou dérotation et/ou accourcissement de P1.

1. Arthrolyse latérale : libération latérale : (figures 63 et 64)

Elle est commune à toutes les techniques chirurgicales et précède tous les autres gestes.

La libération du complexe métatarso-sésamoïdo-phalangien a un double intérêt :

- Libérer les sésamoïdes de la tête de M1 afin que l'on puisse la replacer au-dessus d'eux en translatant latéralement le M1.
- Supprimer les rétractions latérales.

Elle doit être sélective, progressive, adaptée à la déformation, à sa réductibilité clinique et à l'appréciation peropératoire. Elle peut être plus ou moins étendue et une fois terminée, l'hallux doit facilement se réaligner, les sésamoïdes revenir à leur place [31].

Dans les déformations minimes :

- Section verticale de la portion latérale de la capsule au niveau de l'interligne, prudente et ne doit pas déborder sur la face dorsale et plantaire.
- La section du faisceau transverse du muscle adducteur de l'hallux sur le sésamoïde latéral.
- Section du ligament suspenseur du sésamoïde latéral.

Dans les déformations importantes, on peut associer :

- Section du faisceau oblique de l'adducteur (expansion sur la P1) jusqu'à voir le tendon fléchisseur de l'hallux.
- Désinsertion sur le sésamoïde du chef latéral du muscle court fléchisseur.
- La section du ligament inter-métatarsien peut être indiquée lorsque le sésamoïde latéral est trop proche de M2.

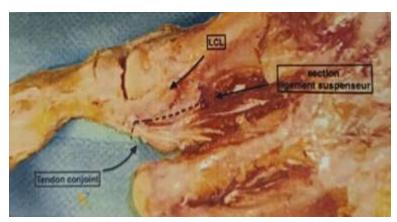
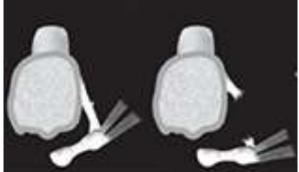


Figure 63: Libération latérale [32].



Section de l'insertion phalangienne l'adducteur de l'hallux avec respect du ligament métatarso-phalangien



Abaissement des sésamoïdes après section du ligament suspenseur du sésamoïde latéral

Figure 64 : Arthrolyse latérale [3].

Elle est souvent réalisée par incision dorso-latérale sans atteindre la commissure pour prévenir les cicatrices chéloïdes. C'est la voie privilégié par S. BAROUK [3] et a la préférence de nombreux auteurs.

La voie médiale est également possible : promue par M. MAESTRO et a la faveur de beaucoup d'auteurs comme VALTIN. Elle assure par une seule voie la libération latérale et l'ostéotomie quelque soit son type.

La libération latérale doit être rigoureuse, car si elle est insuffisante elle expose à l'insuffisance de la correction et à la récidive par contre si celle-ci est excessive elle exposera à l'hallux varus. Le ligament collatéral latéral doit toujours être préservé sous peine d'avoir une hypercorrection mais dans les grandes déformations on peut le sectionner dans sa partie plantaire comme le recommande A. CRACCHIOLO.

Elle est remise en cause par de nombreux auteurs pour les HV réductible cliniquement et avec des $IMA < 15^{\circ}$.

2. Exostosectomie:

C'est la résection économique de la saillie médiale de la tête métatarsienne. La résection osseuse est effectuée en dedans du sillon vertical médial.

L'exostosectomie généreuse expose à l'hallux varus et le meilleur repère pour éviter cela est de faire la section osseuse dans le prolongement distal de la corticale médiale de M1. (Figure 65)

Un émondage des tranches de section osseuses afin de les adoucir est plus que nécessaire.



Figure 65 : Exostosectomie [Collection personnelle].

3. Remise en tension médiale :

Toujours pratiquée en fin d'intervention ; cette dernière étape a pour but non pas de corriger la déformation mais de recentrer l'appareil extenseur, maintenir l'écart des berges des structures latérales rétractées et libérées, remettre la tête de M1 sur les sésamoïdes (après geste osseux ou sur les parties molles) et pérenniser cette position.

Que ce soit en paletot, trans-osseuse ou par lambeau VY, la suture doit être faite sans tension (tout excès de tension expose à la raideur sans pour autant éviter la récidive car si tel est le cas on aurait pas eu d'hallux valgus au départ) [33].

Le réglage de la tension est primordial et l'aiguille passe au ras du sésamoïde médial prenant le tendon de l'abducteur (c'est pour cela que certains auteurs réfutent le terme de capsulorraphie) en évitant la branche sensitive du nerf plantaire médial.

Il ne faut surtout pas chercher une hypercorrection comme le recommande MAC BRIDE mais laisser un valgus phalangien physiologique [31].

Cette suture doit être faite dans une position de réduction avec léger varus et flexion plantaire de 20° (figure 66). C'est un point faible dans les HV sévères où la capsule médiale très distendue et remaniée n'offre pas une bonne prise au fil de suture.



Figure 66 : Remise en tension médiale [Collection personnelle].

4. Correction de la déformation :

4.1. Interventions sur les parties molles péri-articulaires :

4.1.1 Technique de KELLER-BRANDES-LELIEVRE : (Figure 67)

- Capsulotomie médiale longitudinale.
- Libération du système sésamoïdien.
- Pousser P1 en dehors et attirer M1 en dedans.
- Suture sous tension de la capsule interne avec résection de l'excédent ou suture en paletot.
- Ses mauvais résultats ont amené son abandon.

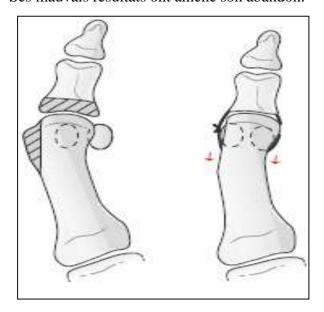


Figure 67 : Technique de KELLER-BRANDES-LELIEVRE [2].

4.1.2 Technique de PETERSEN : (Figure 68)

Abandonnée en raison de ses mauvais résultats. Elle avait pour principe de libérer la capsule externe, désinsérer l'adducteur de l'hallux, reséquer de façon non systématique le sésamoïde

externe ; réduction du métatarsus varus par rapprochement M1-M2, maintenu par un point intercapsulaire entre les deux premières articulations métatarso-phalangiènnes.

LELIEVRE a amélioré la technique en amarrant le tendon adducteur à la face externe de la tête de M1 par un point trans-osseux et en associant une ostéotomie d'accourcissement et dérotation de la P1 dans le pied Egyptien.

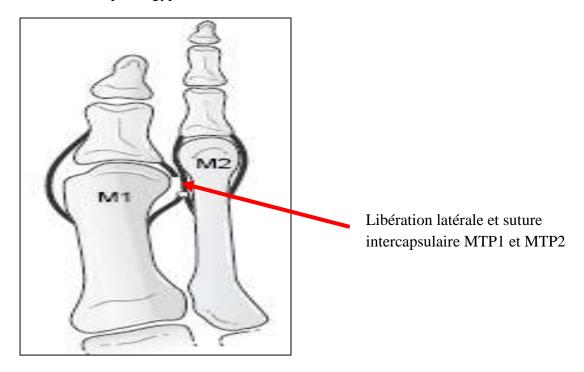


Figure 68: Technique de PETERSEN [2].

4.1.3 Intervention de MAC BRIDE:

C'est la seule intervention sur les parties molles qui a traversé les époques et qui a pu résisté à la mode des ostéotomies puisqu'elle est encore utilisée par de nombreuses équipes et avec des résultats satisfaisants, malgré les nombreux inconvénients à condition qu'elle soit réservée aux hallux valgus réductibles au moins partiellement, avec un index métatarsien plus minus ou minus, avec $HVA < 30^{\circ}$ et $IMA < 15^{\circ}$,

• **Principe technique :** (Figure 69)

La correction s'effectue par une double voie d'abord :

☐ Abord dorso-latéral du premier espace intermétatarsien :

- Arthrolyse latérale.
- Désinsérer à la lame froide le tendon conjoint du muscle adducteur de l'hallux du sésamoïde latéral, de la capsule et son expansion sur la base de P1. La lame fibreuse est faufilée en tresse pour éviter que le fil ne la coupe longitudinalement en conservant les deux chefs du fil qui doivent permettre de soulever le pied sans qu'ils se déchirent [34].

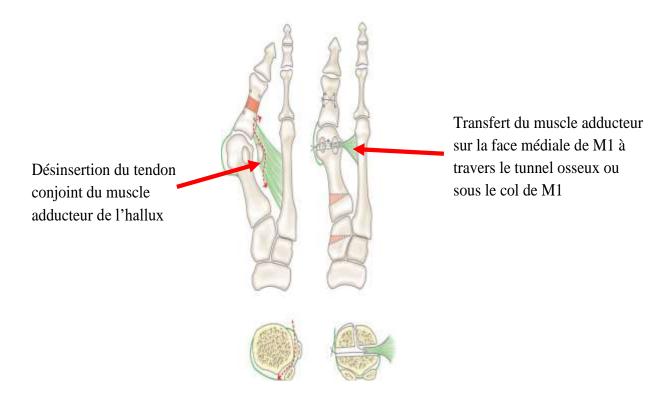


Figure 69 : Opération de Mac Bride et variétés d'amarrage du transplant [34].

□ Voie médiale :

- > Exostosectomie à minima.
- Forage d'un tunnel transversal légèrement oblique en bas et en avant, à travers le col de M1 jusqu'à atteindre un diamètre de 06 mm.
- Passage d'une boucle de fil rigide de dedans en dehors.
- ➤ On amarre à cette boucle les deux chefs du fil de faufilage de la lame terminale de l'adducteur.
- > Transférer le muscle adducteur sur la face médiale de M1 à travers le tunnel osseux.
- > Régler la tension du transplant.
- Fixation par suture à la lèvre capsulaire inférieure de la capsule médiale de la tête de M1.
- ➤ Des gestes osseux notamment une ostéotomie de varisation, accourcissement et supination de P1 ont été très vite associés, pour corriger les vices architecturaux qui produisent, ou reproduisent la déformation, améliorer la correction et pérenniser celle-ci afin de limiter les récidives.
- > Suture de la capsule médiale.

Le principal inconvénient de cette technique réside dans le réglage de la tension, trop lâche c'est l'insuffisance de correction, trop tendue c'est l'hyper-réduction.

Pour limiter ces hyper-corrections :

- o TOMENO passe le transplant sous le col de M1 et le fixe à la face interne de la capsule.
- o GROULIER propose de faire passer les deux fils du transplant respectivement à travers un tunnel transversal pour le premier brin et à travers un tunnel vertical rejoignant le premier en son milieu ce qui arrête le transplant au milieu du tunnel transversal.

4.2. Les interventions avec action sur l'os :

Il est plus licite de parler de chirurgie mixte ; principalement osseuse mais comportant des gestes sur les parties molles communs à toute chirurgie de l'hallux valgus.

Les différentes équipes ont manifesté ses dernières années un engouement sans précédent pour les ostéotomies avec l'apparition des mini-moteurs et actuellement encore on assiste au même engouement pour la voie percutanée, développée depuis une vingtaine d'années grâce à des fraises rotatives.

L'ostéotomie peut être phalangienne, métatarsienne ou mixte ; proximale, diaphysaire ou distale. Le choix se fait sur la base d'une planification préopératoire mais aussi en peropératoire en prenant en considération bien sûr l'affinité du chirurgien et ses habitudes.

Son but est de corriger les défauts architecturaux et anatomiques impliqués dans la genèse de l'hallux valgus.

4.2.1. Ostéotomie du cunéiforme médial :

Peu pratiquée, son but est de corriger l'obliquité de l'interligne cunéo-métatarsien par :

- > Ostéotomie d'ouverture dorsale (COTON 1935).
- Ostéotomie d'ouverture médiale (JOPLIN 1958).

Ces interventions sont souvent associées à une réduction du métatarsus varus par une intervention sur les parties molles.

4.2.2. Arthrodèse cunéo-métatarsienne : (Figure 70)

C'est l'opération de LAPIDUS 1934.

A la faveur des anglo-saxons. Ces indications sont l'hallux valgus avec métatarsus primus adductus ; hallux valgus avec arthrose ou laxité cunéo-métatarsienne.

Elle peut être associée à des ostéotomies distales de M1 où en début d'expérience, la correction de l'hallux valgus n'est pas toujours obtenue simultanément.

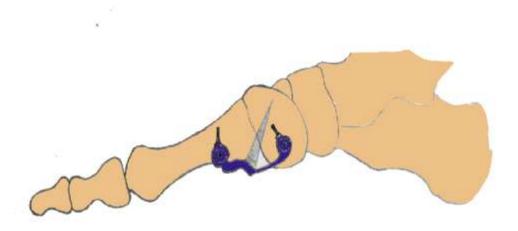


Figure 70 : Arthrodèse cunéo-métatarsienne [Collection personnelle].

4.2.3. Ostéotomie de la première phalange :

Insuffisante au traitement de l'HV lorsqu'elle est pratiquée seule. Elle a été remise au goût du jour à la fin des années 1970 en association avec l'intervention de MAC BRIDE ou les ostéotomies métatarsiennes et faisant partie d'un geste associé au SCARF, de façon systématique pour certaines équipes ou dans certaines situations pour d'autres. «Quand on hésite à faire cette ostéotomie, mieux vaut la faire » [3].

Les arguments pour l'ostéotomie de P1 sont :

- Corriger l'excès de longueur de l'hallux en ramenant le canon du pied de l'Egyptien à Grec ou carré en ayant comme base, que tout excès de longueur sera cause de récidive. Cela fait de cette technique plutôt actuellement un geste associé à d'autres techniques [31].
- Meilleure correction, en effet le pied Egyptien n'est pas adapté au port de la chaussure féminine.
- Le pied Egyptien augmente la pression sur MTP1 et la diminution du bras de levier par raccourcissement augmente les amplitudes de dorsiflexion de la MTP1.
- Corriger une rotation axiale d'emblée ou insuffisamment corrigée lors du geste sur M1.

Principe technique:

Voie d'abord interne centrée sur la base de P1 ou prolongement distale d'une incision médiale proximale.

Isolement de la métaphyse de P1 à l'aide de deux écarteurs à becs.

Ostéotomie à la scie oscillante au niveau de la métaphyse proximale afin de préserver la vascularisation de la base. Selon la correction souhaitée, on réalisera :

Ostéotomie de varisation : (figure 71a) pour réduire le valgus phalangien.
Résection d'un coin à base médiale avec conservation d'une charnière latérale.
L'angle de correction est définit par la planification préopératoire et en s'aidant d'un artifice
peropératoire : trait proximal parallèle à l'interligne articulaire MTP1 et trait distal parallèle au
bord cutané proximal du lit unguéal qui représente la projection de l'interligne inter-phalangien
[35] [3].

Ostéotomie d'accourcissement : (figure 71b,c) pour réduire la longueur : en cas d'hallomégalie :

Résection d'un fragment cylindrique ou trapézoïdal si l'on veut associer une varisation.

Ostéotomie de dérotation : pour réduire la pronation du gros orteil :

Par supination du fragment phalangien distal lors de l'affrontement des berges de l'ostéotomie et la conservation de la charnière latérale n'empêche pas d'avoir la dérotation nécessaire.

En réalité cette supination peut être associé aux deux ostéotomies précédentes[36]. (Figure 71c). Après coaptation des berges de l'ostéotomie, la fixation est confiée à un hauban au fil à résorption lente, broches, agrafe ou mieux vis canulée orientée de bas en haut, de proximal à distal et de dedans en dehors ou bien se passer de toutes fixation dans la chirurgie percutanée.

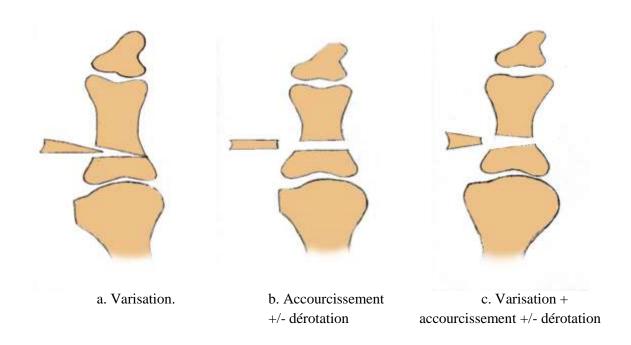


Figure 71 : Ostéotomies de P1 [Collection personnelle].



Figure 72 : Ostéotomie de varisation de P1, radiographie préopératoire et radiographie postopératoire (SCARF autostable et ostéotomie de varisation de P1 fixée par ostéosynthèse par une vis) [Collection personnelle].

4.2.4. Ostéotomies métatarsiennes :

Les ostéotomies métatarsiennes représentent l'une des techniques les plus utilisées dans le traitement de l'hallux valgus. Bien que nombreuses, elles ont comme soucis :

- La stabilité et la pérennisation de la correction.
- Le respect de l'harmonie de l'arche du pied au risque d'avoir un raccourcissement ou élévation de M1 qui va entrainer des métatarsalgies de transfert.

a. Ostéotomies distales cervico-céphaliques :

Elles corrigent bien le DMAA mais n'ont aucune action sur le métatarsus varus. Leur potentiel de correction est plus faible que celui des ostéotomies diaphysaires.

a.1 Ostéotomie de RIVERDIN et de RIVERDIN - ISHAM:



Figure 73 : Ostéotomie de RIVERDIN [38].

C'est une ostéotomie verticale perpendiculaire à l'axe de M1; par résection d'un coin médial, fermeture médiale et rotation de la tête de M1 autour d'une charnière latérale. (Figure 73) Décrite par RIVERDIN en 1881, ISHAM a amélioré la stabilité de cette ostéotomie par un trait oblique de 45° de dorsal distal vers le plantaire proximal et a été l'initiateur de la voie percutanée. (Figure 74)





Figure 74 : Ostéotomie d'ISHAM-RIVERDIN [38]

a.2 Ostéotomie de HOHMANN (1920) :

Résection d'un coin à base inférieure et médiale qui permet une varisation et supination ; associées ou non à d'autres corrections : raccourcissement, flexion selon la forme du coin réséqué. (Figure 75)

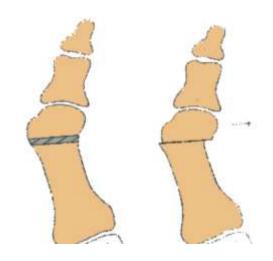


Figure 75 : Ostéotomie de HOHMANN [2].

a.3 Ostéotomie de MITCHELL:

Ostéotomie métaphyso-diaphysaire verticale et perpendiculaire à l'axe de M1, associée à la résection d'un rectangle osseux symétrique ou asymétrique sur les 2/3 externes de la diaphyse.

Correction de l'hallux valgus par translation latérale, rotation, accourcissement par encastrement du fragment distal. (Figure 76)

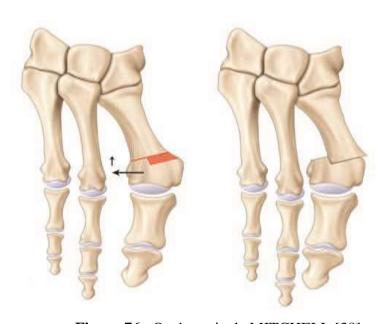


Figure 76 : Ostéotomie de MITCHELL [38].

a.4 Ostéotomie de WILSON:

C'est une ostéotomie métaphysaire oblique de médial distal à latéral proximal faisant 45° dans le plan antéropostérieur et 90° dans le plan sagittal. (Figure 77)

La réduction par translation latérale entraine automatiquement un raccourcissement parfois délétère.



Figure 77 : Ostéotomie de WILSON [38].

a.5 Ostéotomie de BOSCH:

Ostéotomie métaphysaire vertical simple, avec translation latérale pour corriger le métatarsus varus avec stabilisation par brochage centromédullaire diaphysaire. (Figure 78)

a.6 Ostéotomie en chevron d'AUSTIN:

C'est une ostéotomie en chevron sous contrôle de la vue avec deux traits se terminant en arrière des vaisseaux latéraux et plantaires. (Figure 79)

- Trait distal vertical dans l'épiphyse, parallèle à la surface articulaire ou orienté à 45° par rapport à la verticale vers l'arrière.
- Trait horizontal du 1/3 supérieur de la tête, oblique vers l'arrière, croise le premier dans le plan frontal, plongeant de 15° à 20° pour abaisser la tête lors de la translation.

 Ce trait peut être prolongé dans la diaphyse ce qui procure une meilleure stabilité.
- Un 3^{ème} trait optionnel en arrière du premier et perpendiculaire à l'axe de M2, pour permettre un accourcissement et la correction du DMAA.

Déplacement par translation latérale qui ne doit normalement pas dépasser 50% de la largeur de M1. Ce déplacement s'accompagne naturellement d'une correction de l'hallux valgus dans les trois plans de l'espace.

Fixation de l'ostéotomie :

- Aucune (autostable).
- Une ou deux vis, broches, agrafe.

Résection de l'excès d'os.

Fermeture cutanée après fermeture capsulaire.

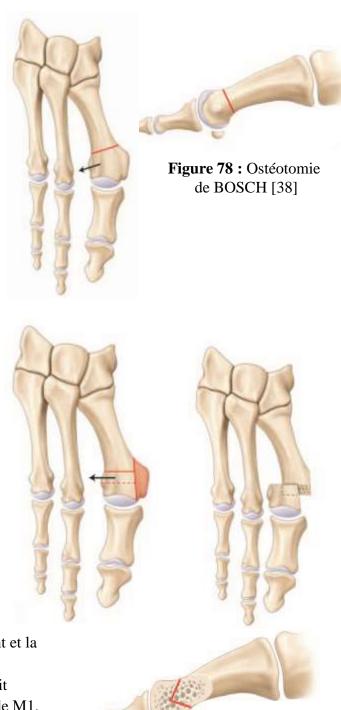


Figure 79 : Ostéotomie en chevron d'AUSTIN [38].

Bien que très populaire, ces indications se limitent aux HV légers à modérés avec HVA<30° et IMA < 15°; sans arthrose et sans raideur articulaire.

Au fait tout est une question de capacité de translation, sachant que 50% de translation correspond à 5mm chez la femme et 6mm chez l'homme et 1mm de translation correspond à 1° de correction de l'IMA. On déduit que les capacités de correction du chevron sont de 4° à 7° de l'IMA et 11° à 17° de HVA.

De plus les arthrolyses latérales larges des HV sévères augmentent l'instabilité et une translation $> 50^{\circ}$ a un risque de bascule latérale de la tête et ne laisse que peu de place pour les ostéosynthèses.

b. Ostéotomies proximales basi-métatarsiennes :

Elles corrigent très bien le métatarsus varus important mieux que les ostéotomies diaphysaires, mais ont pour défaut d'orienter plus en dehors la surface articulaire distale de M1 ce qui aggrave donc un DMAA pathologique et un déplacement secondaire en élèvatus qui s'explique par le bras de levier important de M1.

Ceci nous pousse à réserver cette ostéotomie aux hallux valgus modérés à sévères avec M1-M2>20° et doit être évitée sinon interdite pour les hallux valgus congénitaux sauf si on associe une ostéotomie distale en chevron pour corriger le DMAA.

Le choix entre ostéotomie de soustraction (entraine un raccourcissement) et addition (entraine un allongement) est fonction de l'index de M1.

b.1 Ostéotomie proximale de fermeture latérale :

Ostéotomie triangulaire à base latérale et plantaire de 3 à 5 mm, située 10mm sous l'interligne cunéo-métatarsien, respectant la charnière médiale. (Figure 80)

La fermeture de l'ostéotomie corrige le métatarsus varus et crée un abaissement et raccourcissement mais peut aggraver le DMAA. Fixation par vis est indispensable.



Figure 80 : Ostéotomie proximale de fermeture latérale [38].

b.2 Ostéotomie proximale d'ouverture médiale

L'ostéotomie se situe 10mm sous l'interligne cunéo-métatarsien, respectant la charnière latérale et plantaire.

Ouverture de l'ostéotomie et mise en place d'un greffon qui peut être :

- o L'exostose : c'est un os de mauvaise qualité.
- O Crête iliaque, calcanéum : de bonne qualité.
- o Artificiel : avec risque de tassement secondaire.

Selon l'orientation de la partie la plus épaisse du greffon on peut obtenir un abaissement ou une élévation de la tête de M1. (Figure 81)

La correction de la rotation est possible.

Cette ostéotomie peut être associée à une ostéotomie de varisation de la P1 réalisant une double ostéotomie basi-métatarsienne et basi-phalangienne de DELAGOUTTE. (Figure 82)

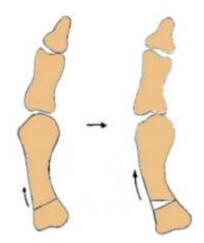


Figure 81 : Ostéotomie proximale d'ouverture médiale [2].

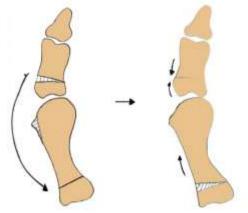


Figure 82 : Ostéotomie basimétatarsienne et basi-phalangienne de DELAGOUTTE [2].

b.3 Ostéotomie proximale curviligne de M1 :

Réalisée avec une lame courbe de 15 à 20mm en distale par rapport à l'articulation cunéo-métatarsienne. (Figure 83) Réduction par translation latérale et fixation.



Figure 83 : Ostéotomie proximale curviligne de M1 [38].

b.4 Ostéotomie proximale en chevron :

Le chevron est situé 10mm en aval de la cunéo-métatarsienne et dont les deux branches sont à 60° et l'arrête orientée de médial dorsal à latéral plantaire. (Figure 84)



Figure 84 : Ostéotomie proximale en chevron [Collection personnelle).

c. Ostéotomie bipolaire métatarsienne :

Connue en France sous le nom d'ostéotomie de SCHNEPP qui associe une ostéotomie de fermeture médiale distale et une ostéotomie d'ouverture basale. (Figure 85)

Elle corrige les métatarsus varus graves de 40 à 45°.

Exemple d'un métatarsus varus de 40° : soustraction distale de 20° dont le produit osseux est additionné à l'ostéotomie proximale.

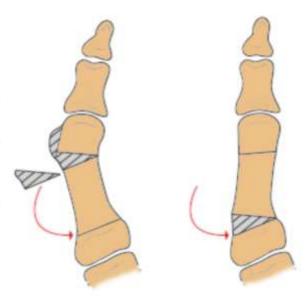


Figure 85 : Ostéotomie bipolaire métatarsienne [2].

d. Ostéotomies diaphysaires :

d.1 Ostéotomie de LUDLOFF:

C'est la première ostéotomie diaphysaire qui a été décrite par LUDLOFF en 1918

C'est un trait longitudinal diaphysaire, oblique de dorsal proximal à plantaire distal (Figure 86) Fixation par deux vis en compression.

Sur le plan technique on réalise les 2/3 proximaux de l'ostéotomie puis fixation par vis proximale sans la serrer puis compléter l'ostéotomie en plantaire ; réduction, serrage de la vis proximale, vis distale et recoupe osseuse de la saillie médiale.

Potentiel de correction important, mais instable.



Figure 86 : Ostéotomie de LUDLOFF [38].

d.2 Ostéotomie de MAU:

Trait oblique de dorsal à plantaire et de distal à proximal et fixation par deux vis. (Figure 87) Stable mais potentiel de correction médiocre.



Figure 87 : Ostéotomie de MAU [38].

d.3 Ostéotomie SCARF : (Figure 88)

Le SCARF ou trait de JUPITER est un terme issue de la charpenterie et de la construction navale et connu depuis plusieurs siècles [39]

Le nom de SCARF a été donné par LOWELL SCOT WEIL à cette ostéotomie du premier métatarsien [3].

En Espagne on l'appelait « rayo Jupiter ». (Jupiter est le nom Romain du Dieu Grec Zeus et de la forme des éclairs observés dans le ciel lors d'un orage).

Le SCARF et un double chevron proximal et distal qui n'est pas fait pour allonger une poutre comme c'est le cas en charpenterie mais pour réaliser une translation latérale et bien d'autres déplacements avec une grande stabilité.

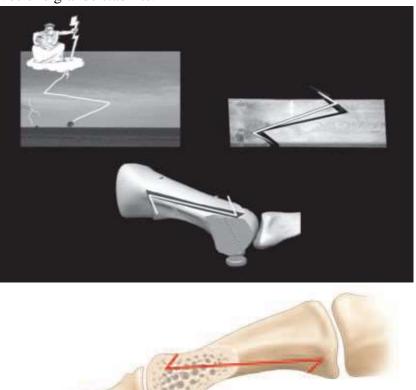


Figure 88 : Trait de JUPITER et ostéotomie SCARF [3] [38].

Le SCARF combine une ostéotomie longitudinale et deux ostéotomies frontales et leur réorientation permet d'obtenir : abaissement, raccourcissement voir allongement, translation avec ou sans rotation. Ces différents déplacements sont quelques fois combinés volontairement et mêmes involontairement comme par exemple un raccourcissement s'accompagne inéluctablement d'une élévation en raison de l'obliquité de M1, qui doit donc être systématiquement compensé par un abaissement supplémentaire, ceci permet d'éviter dans certains hallux valgus les métatarsalgies de transfert de charge [1].



Figure 89 : Radiographies d'une ostéotomie SCARF associée à une ostéotomie de varisation de P1 [Collection personnelle].

Selon l'orientation des traits, leur longueur et les déplacements effectués cette ostéotomie permet de corriger et de pérenniser la correction de toutes les désaxations de l'hallux valgus. Le choix des déplacements se fait sur la base d'une planification préopératoire.

C. Rééducation fonctionnelle :

C'est un complément indispensable à toute forme de chirurgie hormis les arthrodèses.

- Le malade dont l'éducation et l'information ont été fournies au préalable joue un rôle important et l'auto-rééducation est souvent la règle chez beaucoup de malades.
- Elle débute le lendemain de l'intervention par de petites mobilisations actives et passives et dont l'amplitude doit être augmentée progressivement.
- La surélévation des pieds et le glaçage en fin de journée luttent contre l'œdème et les phénomènes inflammatoires.

- Massages.
- Verticalisation immédiate sur chaussure de BAROUK et l'appui plantigrade complet est repris entre 15 à 30 jours.
- A partir de la 3^{ème} semaine post-opératoire, la rééducation est effectuée idéalement par un kinésithérapeute et se déroule souvent sur une dizaine de séances. Elle consiste à :
 - Drainage de l'œdème par des massages.
 - Récupération des amplitudes articulaires par des mobilisations passives et actives.
 - Renforcement du muscle long fléchisseur de l'hallux.
 - La marche normale pieds nus est une méthode efficace pour reprendre un déroulé normal du pas.
 - La reprise des activités sportives ne sera envisagé qu'à partir de 2 à 3 mois postopératoires et celles-ci doit bien entendue être guidée par le niveau de la douleur.

XIII.2.3. Les indications :

La bonne indication dans la chirurgie de l'hallux valgus n'est pas facile, car devant la multitude des techniques chirurgicales, l'opérateur doit savoir choisir l'une ou l'autre en fonction d'une planification clinique et surtout radiologique en préopératoire et savoir adapter les gestes par les différents tests peropératoires (choisir et doser ses gestes). Mais malgré toutes ses précautions on ne peut jamais être à coup sûr d'éviter une reprise pour améliorer et perfectionner un résultat et d'ailleurs le malade doit en être avertit.

Vient enfin le choix entre deux techniques ayant les mêmes avantages, indications et différentes variantes, là le choix est une affaire d'équipes, d'habitudes et d'affinité.

• Les critères décision cliniques :

- Morphotype du pied et de l'arrière pied.
- Mobilité de la MTP1.
- Symptômes douloureux.
- Gêne au chaussage.
- Terrain (âge, psychologie, sport, travail).
- Réductibilité de la déformation.

• Les critères décision radiologiques :

- IMA.
- HVA.
- DMAA.
- IPA.
- Présence d'une arthrose de la MTP1.
- Index métatarsien.
- Orientation et mobilité de la cunéo-métatarsiennne.

XIV. Complications

La chirurgie de l'hallux valgus a longtemps eu une mauvaise réputation qui s'est petit à petit estompée avec la popularisation des ostéotomies métatarsiennes. Sa mauvaise réputation vient des échecs en tête desquels on retrouve la récidive.

Ces complications sont nombreuses et certaines sont communes à toutes les techniques alors que d'autres sont plus spécifiques d'une technique particulière.

- **Œdème**: il peut être à l'origine de retard de cicatrisation ou de nécrose cutanée ou encore de gêne au chaussage. Cet œdème est plus fréquent s'il y'a des gestes sur les rayons latéraux. (Figure 90)
- Douleur post-opératoire aigue : prévenue par une bonne information du patient en préopératoire et des antalgiques, glaçage, surélévation des membres en postopératoire, souvent un malade qui s'attend à avoir des douleurs les supporte mieux.
- Thrombose veineuse profonde : risque faible mais qui justifie comme le recommande la SFAR des HBPM pour 10 jours en présence de certains facteurs de risques.
- Allergies: aux antiseptiques, vis et autres matériel d'ostéosynthèse (MOS), pansement ou médicaments utilisés en anesthésie et en postopératoires.



Figure 90 : Œdème chronique [Collection personnelle].

- Douleurs chroniques notamment par algoneurodystrophie: ces douleurs chroniques parfois imprévisibles et sans étiologies évidentes peuvent être à l'origine d'une insatisfaction du patient et c'est pour cette raison que l'évaluation psychologique préopératoire est importante et que la chirurgie esthétique n'a pas sa place dans l'hallux valgus.
- Lésions nerveuses iatrogènes : avec douleurs névralgiques par compression du nerf collatéral médial ou du premier nerf inter-métatarsien qui est pris dans la cicatrice ou siège d'un névrome ou anesthésie post-opératoire de l'hallux.
- Intolérance au matériel d'ostéosynthèse (MOS) : saillie réelle ou intolérance psychologique qui peut amener à son ablation.
- **Infection :** superficielle facilement gérable par antibiotiques et soins locaux ou profonde avec risque d'arthrite et de nécrose osseuse qui justifie souvent une révision chirurgicale.
- **Hématome post-opératoire :** il nécessite une hémostase soigneuse et dans certains cas la mise en place d'un drain.
- **Retard de consolidation :** notamment en distal par mauvaise prise de la vis distale dans la tête de M1.
- **Pseudarthrose**: par lésion vasculaire, ostéoporose ou mauvaise tenue du MOS.

• Raideur de la métatarso-phalangiènne :

- Limitation de la flexion dorsale : prévenue par le contrôle de ce mouvement en peropératoire et raccourcir le M1 d'avantage.
- Limitation de la flexion plantaire : prévenue en minimisant l'abaissement et par une fermeture médiale en flexion plantaire.

Il est établi que les ostéotomies cervicales entrainent une perte de 15° à 20°.

- Cicatrice un peu dorsale et irritative en proximal.
- **Destruction articulaire** : par :
 - Hyperpression articulaire par allongement de M1 ou défaut de correction du DMAA.
 - Nécrose du cartilage par lésion vasculaire ou septique.
- Nécrose osseuse : suite à un geste trop délabrant ou une lésion vasculaire.
- Nécrose avasculaire de la tête de M1 : rare, due à une atteinte iatrogène de la vascularisation externe, supéro-externe et inféro-interne. Celle-ci est normalement bien protégée par le respect de certaines règles opératoires :
 - Respect du périoste de la zone métaphysaire inférieure sur 15mm entre le col et la diaphyse.
 - Respect de la petite artère qui passe derrière le sésamoïde latéral.
 - Respect de la petite artère qui passe sur le col de M1.

La nécrose céphalique est peu ou pas symptomatique et donne rarement lieu à une indication de l'arthrodèse.

- Bris du matériel d'ostéosynthèse.
- Instabilité du montage.
- **Déplacement secondaire :** par ostéoporose ou fragilisation de l'os par la technique chirurgicale. Il donne lieu à des déformations secondaires et récidive partielle de la désaxation.
- Fracture de M1 : siège surtout au niveau de la base de M1 et s'explique par :
 - Un point d'introduction trop latéral pour la vis proximale.
 - Un trait longitudinal horizontal qui fragilise la poutre latérale.
 - Un trait longitudinal court avec une ou deux perforations proches pour les vis.
 - Une mauvaise congruence du trait longitudinal qui doit être évitée par la vis distale bien oblique.
 - Coupe proximale qui a atteint le fragment supérieur.
 - Incongruence proximale des deux fragments après translation.
 - Ostéoporose.

Il peut s'agir de fractures peropératoires rarement ou de fractures de fatigue qui d'ailleurs n'altèrent pas l'alignement de l'hallux valgus.

Le traitement de ces fractures est soit orthopédique ou bien par embrochage inter-métatarsien complété secondairement par une ostéotomie basimétatarsienne pour palier un abaissement ou élévation ou un raccourcissement.

• Défauts techniques du SCARF :

- ✓ Métatarsus élèvatus : par
- Fixation insuffisante des ostéotomies instables.

- Effet tuile du SCARF.
- Translation sans abaissement de la tête de M1.
- Fracture secondaire.
 - ✓ Excès d'abaissement de la tête de M1 :

Se manifeste par une hyperpression, plus gênante s'il y a de l'arthrose et un bord médial du pied épais en dorso-plantaire rendant difficile le chaussage au début. (le malade décrit un pied épais).

Corrigé par ostéotomie de relèvement basale du M1 ou ostéotomie de WEIL.

✓ Insuffisance d'abaissement et/ou excès de raccourcissement de M1 :

A l'origine d'un syndrome de 2^{ème} rayon avec métatarsalgies du deuxième rayon par transfert de charge.

Corrigé par Weil des rayons latéraux ou par ostéotomie de relèvement des métatarsiens.

- ✓ L'effet tuile surtout dans le SCARF court ou par coupe longitudinale horizontale qui altère la poutre latérale, aggravée par l'ostéosynthèse compressive.
- ✓ Défaut de coupe proximale :
- > Trop convergent : excès d'allongement
- Trop divergent : perte de contact proximal qui est surement la première cause de fracture de la base de M1.

• Récidive de l'hallux valgus :

La récidive est un processus qui évolue et augmente avec le temps. Elle peut être précoce ou tardive survenant plusieurs années après l'intervention. Aucune technique chirurgicale ne peut prétendre mettre à l'abri de cette complication, néanmoins les ostéotomies en tête desquelles l'ostéotomie SCARF, sont greffées de taux faibles de récidive.

La récidive s'explique par un ou plusieurs facteurs :

- ➤ Une insuffisance de correction peropératoire ou carrément une insuffisance technique, elle peut donc être d'emblée évoquée sur les radiographies post-opératoires.
- > Défaut de libération latérale.
- > Ostéotomie non adaptée.
- > Retension tissulaire insuffisante.
- Défaut de fixation.
- ➤ Mauvaise indication par rapport au terrain (comme une arthrodèse MTP1 chez le neurologique).

Elles peuvent donner lieu à une reprise chirurgicale mais avant cela il faut se mettre d'accord sur les critères cliniques et radiologiques de récidive ; à titre d'exemple certains parlent de récidive si l'angle $HVA > 15^{\circ}$ alors que d'autres ne retiennent la récidive que si l' $HVA > 20^{\circ}$.

• Hallux varus iatrogène:

L'hallux varus est une complication très mal vécue par l'opérateur et le malade, sa fréquence est variable en fonction des séries de 1,5 à 13% avec bien sûr une variabilité dans la rigueur de l'analyse. (Figure 91)

Il est définit par un déséquilibre de la balance tendino-musculaire métatarso-sésamoïdophalangienne secondaire à plusieurs facteurs:

- o Excès de longueur non corrigé du 1^{er} rayon.
- Arthrolyse latérale excessive avec ou sans ablation du sésamoïde et/ou section du ligament métatarso-phalangien latéral de la MTP1 et/ou section complète de l'insertion phalangienne du court fléchisseur au risque de voir en plus de l'hallux varus une griffe de l'hallux « Coock up deformity » des anglo-saxons redoutable et très difficile à rattraper et en cause : la force de flexion est supérieure à la force d'extension[40].
- Retension médiale excessive : en essayant de palier à une insuffisance de correction osseuse ou à trop vouloir se passer d'une ostéotomie de varisation de la P1.
- o Exostosectomie trop généreuse.
- o Excès de translation latérale de la tête de M1.
- o Excès de varisation de P1.
- o Excès de rotation de la tête de M1 (DMAA trop corrigé).
- O Déficit neurologique de l'adducteur de l'hallux.



Figure 91 : Hallux varus iatrogène [Collection personnelle].

Cliniquement, l'hallux varus se manifeste par une gêne fonctionnelle plus ou moins grave selon sa sévérité avec douleur, gène esthétique et au chaussage avec la constatation d'une déviation en varus supination de l'hallux avec écart entre les deux orteils et flexion dorsale de la P1. Les radiographies face et profil en charge :

- o Exostosectomie excessive.
- o La tête de M1 dépasse le sésamoïde médial.
- o L'angle M1-M2 diminué.
- o L'angle M1-P1 : 0 à 5° : hallux varus discret.

 $<0^{\circ}$: hallux varus franchement pathologique.

o Etat des articulations MTP1 et IP.

La reprise chirurgicale est toujours possible sous certaines conditions, la première est que seuls les hallux varus excessifs et gênants sont opérés et la seconde est qu'il ne faut pas se précipiter à les reprendre s'ils sont développés au dépend des parties molles car un bon nombre vont s'estomper au bout d'un an.

• Les hypocorrections :

Par insuffisances techniques à savoir :

- o Défaut de libération latérale.
- o Défaut de retension médiale.
- o Insuffisance de correction du DMAA.
- o Insuffisance ou absence de l'ostéotomie de P1.

La gravité de l'hallux valgus ne constitue pas une cause, car les gestes doivent être tout simplement adaptés à la sévérité de la déformation.

• Impressions d'échecs/ Pied inesthétique :

Pour plusieurs raisons, malgré que les mesures angulaires sont toutes dans la limite de la normale; ceci prouve encore que la chirurgie de l'HV n'est pas une chirurgie esthétique et qu'une évaluation psychologique des attentes du patient ou de la patiente est impérative.

DEUXIEME PARTIE ETUDE PRATIQUE

I. Matériels et méthodes

A. Matériels:

Etude prospective, mono-centrique, mono-opérateur réalisée au Service de Chirurgie Orthopédique, Traumatologique et Réparatrice du Centre Hospitalier Universitaire de Tizi-Ouzou sur une période de 30 mois allant de novembre 2020 à avril 2023.

Cette étude porte sur 122 malades présentant des hallux valgus uni ou bilatéraux traités par ostéotomie SCARF en chirurgie unilatérale, chirurgie bilatérale asynchrone ou chirurgie bilatérale simultanée; ce qui réalise un total de 166 pieds.

B. Méthodes:

Cette étude s'est appuyée sur l'analyse des dossiers de malades sur la base d'une fiche d'exploitation comportant des données administratives, des données cliniques subjectives et objectives, des données radiologiques qui comportent les mesures angulaires choisies pour réaliser une planification chirurgicale préopératoire, afin de choisir et doser les différents gestes de la technique de l'ostéotomie SCARF.

Enfin, en se basant sur les résultats fonctionnels et radiologiques à 3 mois et 6 mois, nous allons essayer d'évaluer la fiabilité de cette planification et d'établir des recommandations.

Chaque patient est reçu en consultation et une fiche d'exploitation est établie avec son consentement. Celle-ci comporte :

1. Des données administratives et identification du patient :

Nom

Prénom

Date de naissance

Profession

Adresse personnelle

N° de téléphone

2. Les données de l'anamnèse :

Antécédents médicaux, chirurgicaux ; personnels et familiaux.

Des cas d'hallux valgus dans la famille.

Habitudes et toxiques : tabac, alcool ou autres.

Habitudes de chaussage : à talon, demi-talon, semelle plate, de sport ou imposé par l'activité

professionnelle.

Le niveau de la pratique sportive ; régulière, occasionnelle ou aucune.

3. Les n	notifs de consultation et les signes cliniques subjectifs:
\Box D	ouleur (cutanée, distale, articulaire profonde)
\Box G	êne esthétique
\Box G	êne au chaussage
□ O	bligation à adapter le chaussage
□ O	bligation à abandonner un type de chaussage
\Box U	tilisation d'un matériel de protection
\Box G	êne fonctionnelle
\square M	létatarsalgies
\Box B	ursite médiale
\Box In	tertrigo
\Box A	utres
4. Exan	nen physique : recherche :
Poids en	Kg
Taille en	cm
Pointure	
Côté atte	nt : droit, gauche, bilatéral.
Côté à ex	aminer (à opérer) : droit et/ou gauche.
Type de p	pied : Egyptien, Grec, carré.
Morphot	ype du pied :
\Box P	V1 1
\Box C	reux
\square N	ormal
	erpentin
\square M	létatarsus adductus
Usure de	la chaussure (normale, médiale ou latérale).
	on métatarso-phalangienne (1 ^{er} rayon) : pour déterminer les caractéristiques de ralgus et son retentissement à la fois sur le premier rayon et sur les rayons latéraux :
\Box H	allux valgus : réductible, partiellement réductible, irréductible
	ouple ou enraidi.
\Box \mathbf{E}	n fléssum, en extension, ou en barquette.
\Box R	otation: pronation ou supination
\Box A	mplitudes:
0	Flexion plantaire
0	Flexion dorsale
	est d'instabilité : positif ou négatif
□ Pa	alpation : normale, saillie osseuse ou douleur nerveuse.

(prona	tion ou supination)
Retent	issements:
	Supraductus
П	Infraductus
П	Durillons/callosités
	 Punctiformes
	o Planes
	o Cors
Autres	rayons (R2, R3, R4 et R5)
	Appui pulpaire : spontané, en pression volontaire, impossible.
	Déviation : adduction ou abduction et sur quels rayons.
	Supraductus ou infraductus et sur quels rayons.
	Griffes d'orteil : réductible ou irréductible et sur quels rayons.
	Syndrome d'attelage des tendons fléchisseurs.
	Cinquième rayon : quintus varus, bunionnette, œil de perdrix.
Rétrac	tion des gastrocnémiens (signe de SILFVERSKIOLD)
Malfo	rmations congénitales : Non / Oui : Type
Déviat	ion des chaines articulaires d'amont :
	Absente
	Cheville
	Genou
	Hanche
	Rachis
	Inégalité de longueur des membres inférieurs (ILMI)
	Torsion
Etat tro	ophique
	Œdème
	Varices
	Artériopathie
	Troubles sensitifs
	Troubles moteurs

Articulation inter-phalangienne (1er rayon) : en flessum, en barquette, ou rotation de l'ongle

On termine notre examen clinique par une évaluation psychologique pour déterminer les

motivations du patient.

5. Radiologie préopératoire :

Après l'examen clinique un bilan radiologique standard est demandé comportant :

Radiographies face+profil en charge
Incidences de GUNTZ.

Avec un respect strict de la technique radiologique et une interprétation du radiologue couplée et corrigée par le chirurgien. Les signes recherchés et les mesures radiologiques réalisées sur chaque pied sont :

Articulation métatarso-phalangienne (1er rayon): normal, pincement, arthrose.

Articulation inter-phalangienne (1er rayon): normal, pincement, arthrose.

Mesures angulaires pré-opératoires :

- Métatarsus varus
- Valgus phalangien
- Valgus inter-phalangien
- Etalement de la palette métatarsienne
- DMAA
- DM2AA
- Angle de DJIAN-ANNONIER

Articulation cunéo-métatarsienne :

- Orientation de l'interligne cunéo-métatarsien : oblique, transversal ou curviligne.
- Angle cunéo-métatarsien
- Angle d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme
- Angle d'inclinaison de la base de M1

Position du sésamoïde latéral (Radiographie de face) : normale, subluxation, luxation.

Incidence de GUNTZ:

- Position du sésamoïde latéral : normale, subluxation, luxation.
- Angle de rotation des sésamoïdes
- Angle de rotation du 1^{er} métatarsien

On te	rmine	l'analyse	radiolo	gique	par la	ı class	ification	de C	OUGE	ILIN e	n 3	types:
	Hall	ux valgus	s léger									

□ Hallux valgus modéré□ Hallux valgus sévère

6. Planification préopératoire :

Nous avons réalisé pour chaque pied, une planification préopératoire basée sur les données cliniques et surtout radiologiques notamment les mesures angulaires et vise à déterminer les corrections à envisager pour chaque pied et à anticiper les difficultés opératoires.

7. Intervention chirurgicale pratiquée :

L'intervention chirurgicale est réalisée après une visite pré-anesthésique et accord de l'équipe d'anesthésie-réanimation. Une préparation locale du pied à opérer est réalisée avant l'admission au bloc opératoire.

Toutes les données de l'intervention sont notées :

- Type d'anesthésie
- Position du garrot
- Corrections obtenues
- Mode de fixation
- Gestes sur les rayons latéraux
- Durée d'intervention
- Incidents per-opératoires
- Drainage

8. Les recommandations postopératoires immédiates et précoces sont notées :

Antibioprophylaxie

Anticoagulant

Changement du pansement

Cicatrisation/ablation des fils

Appui:

- Sur chaussure de BAROUK
- Plantigrade complet

Rééducation fonctionnelle

9. Une évaluation première des radiographies de contrôles post-opératoires :

Position/taille du MOS

Mesures angulaires radiologiques post-opératoires

- Métatarsus varus
- Valgus phalangien
- Valgus inter-phalangien
- Etalement de la palette métatarsienne
- DMAA
- DM2AA
- Angle de DJIAN-ANNONIER

•	Position du sésamoïde latéral :
	\square Normale
	☐ Subluxation
	☐ Luxation

• Retentissement sur les rayons latéraux

Après la sortie du service, tous les malades ont bénéficié d'un suivi régulier en consultation avec une évaluation clinique et radiologique systématique à 3 mois et à 6 mois qui se base sur :

10. Indice de satisfaction :

Critères subjectifs:

Résultat esthétique : très bon, bon, moyen, mauvais.

Résultat sur la douleur : très bon, bon, moyen, mauvais.

Résultat sur le chaussage : très bon, bon, moyen, mauvais.

Critères objectifs : basés sur le Score de KITAOKA de l'AOFAS

11. Une évaluation radiologique :

L'évaluation radiologique s'appuie sur l'étude des mêmes paramètres mesurés en préopératoire, ce qui permettra d'ailleurs d'effectuer une analyse comparative de ces résultats préopératoires et post-opératoires ; complétée par l'évaluation de la consolidation et de la qualité de l'ostéosynthèse (position et taille).

II. Objectifs de l'étude

A. Objectif principal:

Etablir une planification préopératoire de l'ostéotomie SCARF, en fonction des mesures angulaires radiologiques et évaluer le résultat de cette correction tridimensionnelle sur les plans anatomo-radiologique et clinique, en cherchant une corrélation entre ces différents résultats.

B. Objectifs secondaires:

- Décrire le profil épidémiologique et clinique des patients opérés pour hallux valgus.
- Décrire l'ostéotomie SCARF avec ses variantes correctrices tridimensionnelles ; définir les déformations nécessitant des gestes associés et les limites de cette technique.
- Proposer une stratégie de prise en charge pour un meilleur résultat anatomo-clinique en diminuant le cout, la morbidité en améliorant la consolidation et définir un protocole de suivi post-opératoire.
- Présenter les résultats anatomo-radiologiques de la correction angulaire et corréler ces résultats à un indice de satisfaction du patient.
- Essayer de définir des critères de récidive ou d'échec en rapport avec le degré de la déformation, la correction obtenue, les gestes réalisés ou d'autres facteurs.

III. Population de l'étude

A. Critères d'inclusion :

- Tous les patients présentant un hallux valgus symptomatique (avec gêne fonctionnelle) avec angle métatarso-phalangien > 15°, âgés de plus de 18 ans sans limites dans la déformation angulaire.
- Hallux valgus avec arthrose minime gardant une mobilité satisfaisante de la première métatarso-phalangiènne.

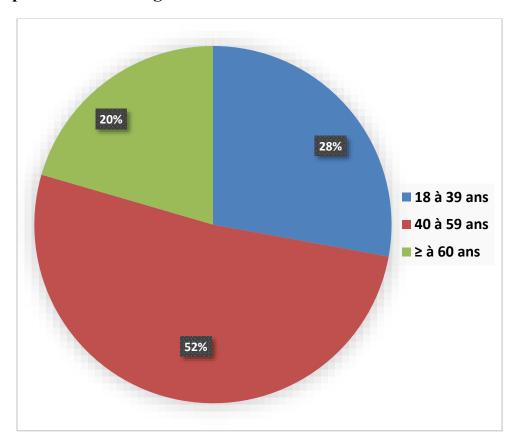
B. Critères d'exclusion :

- Hallux valgus entrant dans le cadre d'une malformation globale de tout le pied.
- Hallux valgus associés à une malformation sévère de l'arrière-pied.
- Hallux valgus avec arthrose importante limitant gravement la mobilité de la première métatarso-phalangiènne.
- Hallux valgus de l'enfant ou de l'adolescent sans maturation osseuse.
- Hallux valgus avec infection locale.

IV. Présentation de la série

1. Données épidémiologiques :

1.1. Répartition selon l'âge :



Graphe 01: Répartition des proportions selon les tranches d'âge.

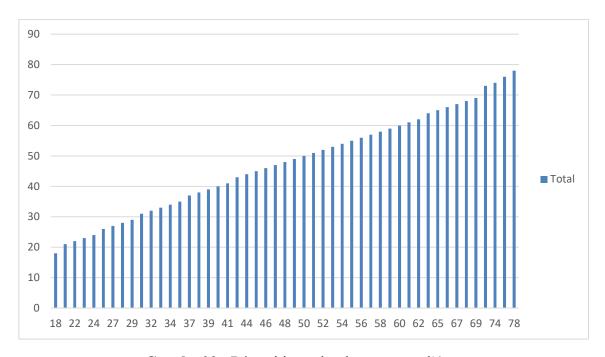
Sur notre échantillon de 122 malades, on retrouve qu'un peu plus de la moitié soit 52% sont âgés entre 40 et 59 ans.

La proportion des malades âgés entre 18 et 39 ans est de 28%.

Les malades âgés de 60 ans et plus, représentent 20%.

En fonction de leur nombre ; la répartition par tranche d'âge est la suivante :

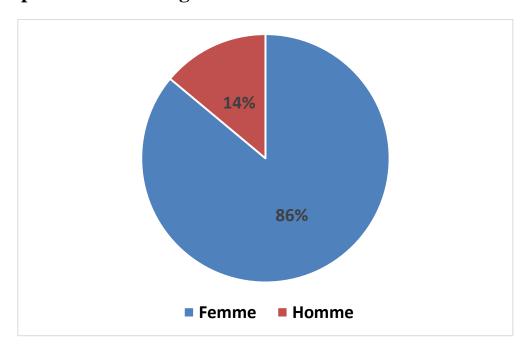
- 63 malades âgés entre 40 et 59 ans.
- 34 malades âgés entre 18 et 39 ans.
- 25 malades âgés de 60 ans et plus.



Graphe 02: Répartition selon la moyenne d'âge.

L'âge moyen est de 48 ans et nous avons pris en charge dans notre série des malades de tous les âges avec des extrêmes entre 18 ans et 78 ans.

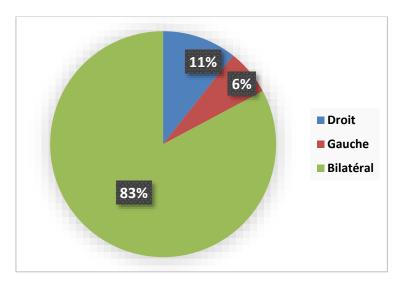
1.2. Répartition selon le genre :



Graphe 03: Répartition selon le genre.

La prédominance féminine est nette et le nombre de patients de sexe féminin est de 105 contre 17 patients seulement de sexe masculin, soit 86% de malades de sexe féminin contre seulement 14% de sexe masculin.

1.3. Répartition selon le côté atteint :



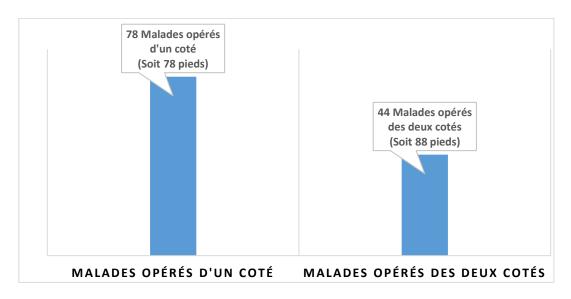
Graphe 04 : Répartition selon le côté atteint.

Sur notre échantillon de 122 malades :

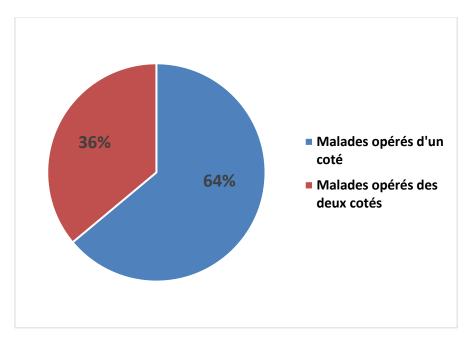
- Une atteinte clinique et radiologique unilatérale symptomatique chez 21 malades soit 17% dont 11% de côté droit et 6% de côté gauche.
- Une atteinte bilatérale chez 101 malades soit 83% des cas

Parmi ces 101 cas d'hallux valgus bilatéraux, on retrouve :

- 36 malades opérés d'un côté soit droit soit gauche avec côté controlatéral asymptomatique.
- 21 malades opérés d'un côté et en attente d'une bilatéralisation.
- 25 malades opérés en chirurgie bilatérale simultanée.
- 19 malades opérés des deux côtés en chirurgie bilatérale asynchrone.



Graphe 05 : Répartition du côté opéré selon le nombre.

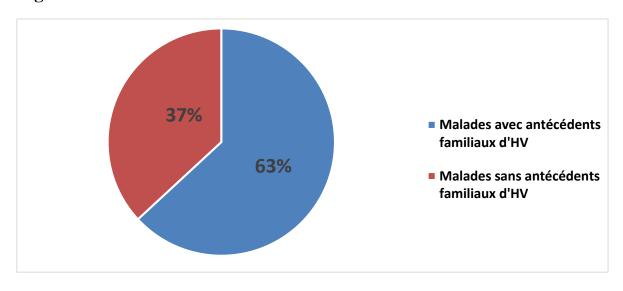


Graphe 06: Répartition du côté opéré en pourcentage.

2. Données cliniques :

2.1. Données anamnestiques :

2.1.1. Répartition selon la présence d'antécédents familiaux d'hallux valgus :



Graphe 07: Répartition selon la présence d'antécédents familiaux d'hallux valgus.

On retrouve des antécédents familiaux d'hallux valgus chez 77 malades soit 63%.

2.1.2. Répartition selon les comorbidités :

Comorbidités	Nombre
Diabète	7
Hypertension artérielle (HTA)	18
Pathologie thyroïdienne	20
Cardiopathies	9
Maladies thromboemboliques	2
Rhumatismes inflammatoires	9
Surpoids/Obésité	16
Varices des membres inférieurs	22
Asthme	2
Onychomycose	8
Intertrigo	11
Malformations associées	0

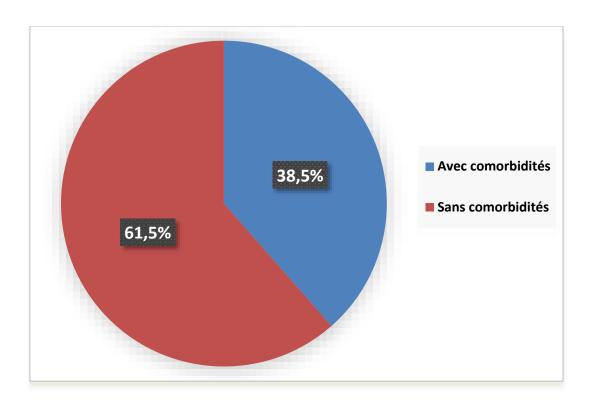
Tableau 02: Répartition des comorbidités.

47 malades présentent des comorbidités dont certaines sont associées chez un même malade. 75 malades ne présentent pas de pathologies associées.

Cela se traduit en pourcentage comme suit : 38,5% des malades avec comorbidités et 61,5% n'ont aucune maladie associée.

Parmi les malades présentant des pathologies associées nous remarquons que les pathologies thyroïdiennes et les varices des membres inférieurs représentent les pathologies associées les plus fréquentes dans notre série.

Nous remarquons également que 19 malades ont présenté des infections fongiques locales à type d'intertrigo du premier espace commissural ou d'onychomycose.



Graphe 08 : Répartition selon la proportion des malades avec ou sans pathologies associées.

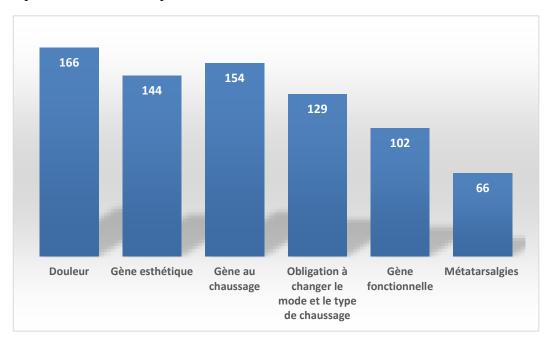
2.1.3. Répartition selon le motif de consultation :

Motif de consultation	Nombre de pieds
Douleur	166
Gène esthétique	144
Gène au chaussage	154
Obligation à changer le mode et le type de chaussage	129
Gène fonctionnelle	102
Métatarsalgies	66

Tableau 03 : Répartition selon le motif de consultation.

La douleur et la gêne au chaussage représentent les plaintes les plus fréquemment rencontrées chez les malades avec des proportions respectives de 100% et 92,8%.

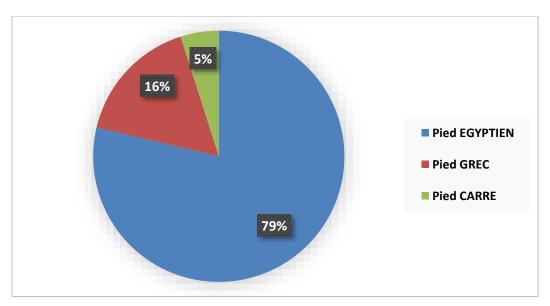
La gêne esthétique bien qu'elle ne justifie pas à elle seule la chirurgie, elle est retrouvée sur 144 pieds soit 86,7% des pieds.



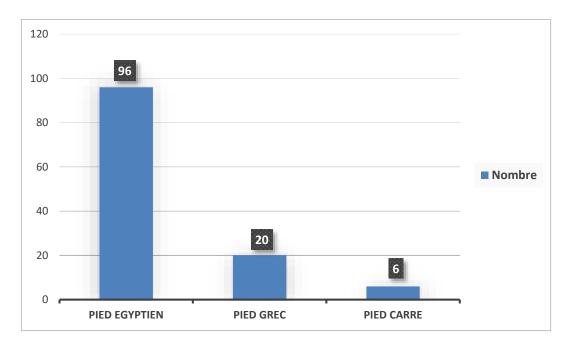
Graphe 09 : Répartition selon le motif de consultation.

2.2. Examen physique:

2.2.1. Répartition selon le morphotype du pied :



Graphe 10 : Répartition selon le morphotype du pied.



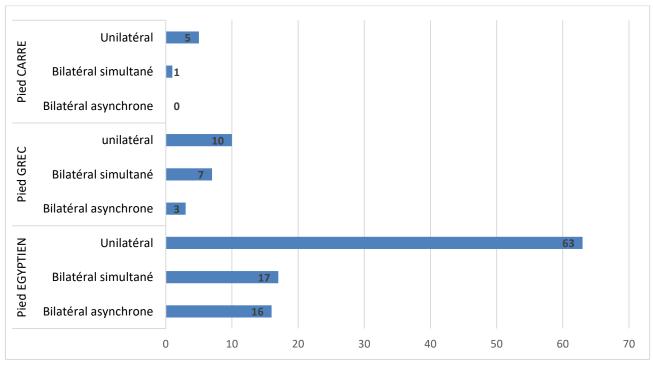
Graphe 11 : Nombre de malade par morphotype du pied.

96 malades ont un pied Egyptien, soit 79%

20 malades ont un pied Grec, soit 16%

06 malades ont un pied carré, soit 5%.

L'avant-pied de morphotype Egyptien est plus répondu dans notre série et cette tendance est retrouvée quelques soit l'atteinte, unilatérale ou bilatérale.



Graphe 12 : Répartition du morphotype du pied selon le côté atteint.

2.2.2. Les caractéristiques cliniques de l'hallux valgus :

Signes cliniques	Caractéristiques	Nombre (Pieds)
Réductibilité de l'HV	Réductible	24
	Partiellement réductible	75
	Irréductible	67
Pronation de l'hallux	Présente	110
	Absente	56
Raideur de la MTP1	Présente	103
	Absente	63
Signe de surcharge	Bursite	129
	Hyperkératose	38
	Durillons plans	79
	Cors	19
Retentissement	Supraductus	27
	Infraductus	12
	Griffes d'orteil réductible	14
Atteinte du R5	Quintus varus/ Bunionnette	19
	Œil de perdrix	4
Rétraction des gastrocnémiens	Signe de SILFVERSKIOLD	0

Tableau 04 : Caractéristiques cliniques de l'hallux valgus.

Sur notre échantillon de 166 pieds, chez 122 malades on retrouve :

L'hallux valgus est le plus souvent partiellement réductible

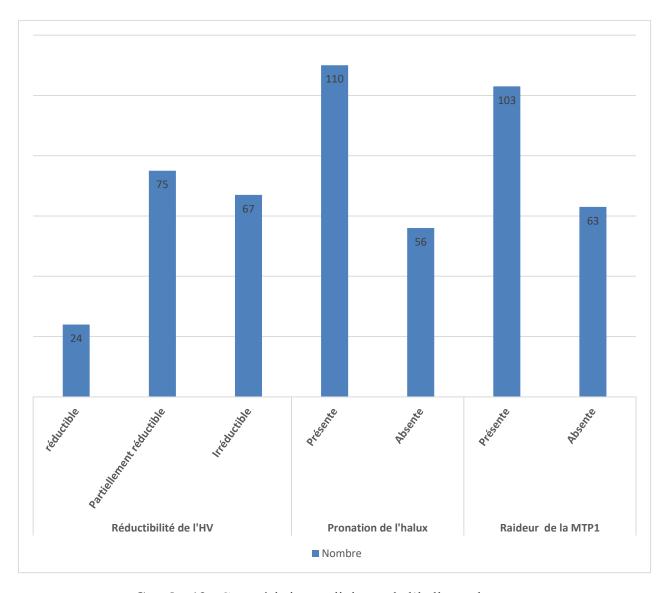
La pronation de l'hallux est très fréquente, de même que la bursite médiale et les signes de surcharge. Notamment les durillons plans retrouvés sur 47,6 % des pieds.

La raideur de la MTP1 est retrouvée sur 62% des pieds.

Les signes de retentissement sur les rayons latéraux comme le supraductus, infraductus et les griffes d'orteils sont présents à des proportions assez faibles.

La rétraction des gastrocnémiens recherchée par le signe de SILFVERSKIOLD, n'est retrouvée sur aucun pied.

Enfin l'atteinte du 5^{ème} rayon, qui réalise notamment une atteinte en miroir est faiblement retrouvée dans notre échantillon.



Graphe 13 : Caractéristiques cliniques de l'hallux valgus.

3. Données radiologiques :

3.1. Bilan radiologique demandé:

Après un examen clinique tous les malades ont bénéficié d'un bilan radiologique standard comportant :

- Une radiographie du pied de face en charge en incidence dorso-plantaire.
- Une radiographie du pied de profil en charge.
- Une incidence sésamoïdienne de GUNTZ.

Le bilan radiologique concerne les deux pieds à chaque fois qu'il y'a une atteinte symptomatique bilatérale.

Ce bilan radiologique de même que les radiographies post-opératoires du 3^{ème} et du 6^{ème} mois sont réalisées par le même radiologue afin de réduire les marges d'erreurs et des variations de la technique et de la lecture inter-observateurs.

Toutes les radiographies ont fait l'objet d'une interprétation par l'opérateur afin de détecter les variations de lecture et d'interprétation inter-observateurs.

3.2. Etat de l'articulation MTP1:

Aspect radiologique préopératoire	Nombre (Pieds)
Normal	102
Pincement	49
Arthrose	15

Tableau 05 : Etat préopératoire de l'articulation MTP1.

On retrouve 15 pieds sur 166 qui sont au stade d'arthrose de la MTP1, mais qui conservent une mobilité satisfaisante à l'examen physique.

3.3. Etat de l'articulation inter-phalangienne :

Aspect radiologique préopératoire	Nombre (Pieds)
Normal	116
Pincement	36
Arthrose	14

Tableau 06 : Etat préopératoire de l'articulation IP.

Nous avons retrouvé également une arthrose de l'articulation inter-phalangienne de l'hallux sur 14 pieds

3.4. Position des sésamoïdes :

Elle est évaluée sur la radiographie de face en charge.

Une analyse de l'incidence de GUNTZ renseigne également sur la position des sésamoïdes, la présence d'une agénésie de crête inter-sésamoïdienne et une arthrose métatarso-sésamoïdienne.

Ainsi la luxation des sésamoïdes notamment le sésamoïde latérale est la tendance la plus retrouvée avec une proportion de 54,8 % et la subluxation avec une proportion de 45,2 %; par contre une position normale des sésamoïdes n'est constatée sur aucun pied.

Position des sésamoïdes	Nombre (Pieds)
Normal	0
Subluxation	75
Luxation	91

Tableau 07: Position des sésamoïdes en préopératoire.

3.5. Mesures angulaires préopératoires :

Les mesures angulaires obéissent à une méthodologie bien particulière et bien rodée et leurs résultats sont exprimés par leur moyenne sur 166 pieds.

Nous avons souvent constaté des variations inter-observateurs entre les mesures données par le radiologue et celles que nous avons nous mêmes effectué et à chaque fois que cela est constaté nous avons retenu nos mesures après vérification.

Nous constatons que la moyenne des mesures angulaires est plus élevée que les valeurs normales reconnues pour la définition radiologique de l'hallux valgus.

Mesure	Moyenne	Ecart-type
Angle de l'hallux valgus (HVA)	33,59°	9,01
Angle inter-métatarsien (IMA)	17,17°	3,29
Angle inter-phalangien (IPA)	8,84°	8,19
Palette métatarsienne (M1-M5)	32,7°	4,59
DMAA	21,29°	9,55
DM2AA	8,93°	5,80
Angle de DJIAN-ANNONIER	127,1°3	6,80
Angle cunéo-métatarsien (ACM)	5,01°	4,72
Angle d'inclinaison de la surface distale du cunéiforme (AISADC)	6,24°	3,98
Angle d'inclinaison de la base de M1 (AIBM1)	4,68°	4,42
Angle de rotation des sésamoïdes (ASR)	20,58°	13,17
Angle de rotation de M1 (AMR)	15,55°	8,80

Tableau 08: Mesures angulaires préopératoires.

La moyenne des écart-types nous renseigne sur les extrêmes de chaque mesure angulaire ; cela permet de confirmer de grandes variations dans certaines mesures radiologiques, alors que pour d'autres comme l'angle de DJIAN-ANNONIER, l'angle cunéo-métatarsien, l'angle d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme ou de la surface proximale de M1, leurs mesures bien qu'au-dessus de la normales sont très peu augmentées.

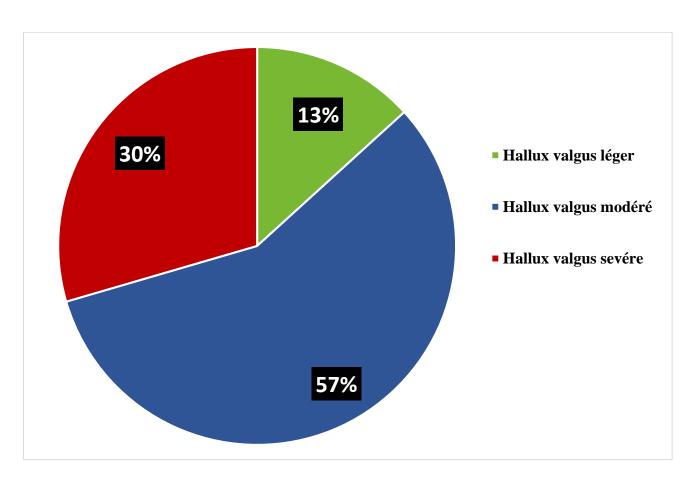
3.6. Classification de COUGHLIN:

La classification de COUGHLIN est simple et parfaitement reproductible.

La majorité des malades présentent un hallux valgus modéré soit 57%, contre 30% d'hallux valgus sévère et seulement 13% d'hallux valgus léger.

Classification de COUGHLIN	Nombre de pieds	Pourcentage (%)
Hallux valgus léger	22	13,3
Hallux valgus modéré	95	57,2
Hallux valgus sévère	49	29,5

Tableau 09 : Répartition des hallux valgus selon la classification de Coughlin.



Graphe 14 : Répartition selon la classification de Coughlin.

4. Planification préopératoire :

Elle se base sur des éléments cliniques comme la mobilité de la MTP1 et surtout sur les mesures radiologiques qui serviront de base pour programmer à l'avance les corrections à effectuer en peropératoire.

Sur l'ensemble des 166 pieds, les corrections et déplacements souhaités sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Gestes de correction	Planification	Pourcentage
	Préopératoire (Nombre de pieds)	(%)
Translation latérale	166	100
Accourcissement	166	100
Supination	129	77,7
Rotation médiale de la surface distale de M1	116	69,9
Abaissement	80	48,2
Elévation	0	0
Rotation latérale de la surface distale de M1	0	0
Allongement	0	0
Gestes associés	58	34,9

Tableau 10 : Répartition des gestes de la planification préopératoire.

Les gestes associés sont représentés en fonction du cas par :

- Ostéotomie de varisation de P1
- Ostéotomie de varisation et dérotation de P1
- Ostéotomies de WEIL: c'est une ostéotomie longitudinale qui débute au ras du cartilage supérieur de la tête métatarsienne, dirigée obliquement en arrière et en plantaire. Elle permet par son déplacement un recul et/ou translation latérale ou médiale des têtes métatarsiennes. Le respect de l'harmonie de la courbe de MAESTRO est un impératif lors de l'exécution de cette ostéotomie.

- Ostéotomie SCARF inversé ou ostéotomie en chevron pour le quintus varus
- Résection-arthrodèse des MTP des rayons latéraux.

Nous constatons que deux corrections ; la translation latérale et l'accourcissement sont indiquées sur tous les pieds opérés.

5. Procédure chirurgicale :

A. Technique opératoire de l'ostéotomie SCARF:

Tous nos malades ont bénéficié d'une consultation pré-anesthésique ambulatoire puis programmés pour l'intervention.

Avant l'admission au bloc opératoire une préparation préalable par une douche avec découpe des ongles et suppression du vernis à ongles ; terminée par un lavage antiseptique du ou des pieds à opérer par de la Bétadine moussante jusqu'au genou.

1. Anesthésie:

Tous nos malades ont été opéré par rachis-anesthésie et aucune conversion en anesthésie générale n'a été faite de même que nous n'avons recensé aucun incident anesthésique peropératoire y compris dans le cas des procédures longues avec gestes sur les rayons latéraux.

2. Installation:

Décubitus dorsal sur table ordinaire, pied (s) à opérer en bout de table, garrot à la cheville en sus malléolaire.

Dans les cas de la chirurgie bilatérale ; la mise en place des garrots, l'aseptisation et la mise en place des champs opératoires étaient simultanées. (Figure 92)

Aucune complication liée à l'installation ou au garrot n'a été recensée.



Figure 92: Installation et position du garrot [Collection personnelle].



Figure 93 : Table d'instrumentation et matériel ancillaire [Collection personnelle].

3. Libération métatarso-sésamoïdo-phalangiènne latérale :

Cette libération a été réalisée par voie dorso-latérale inter-métatarsienne, pour tous nos malades Cette libération comporte :

- Une arthrotomie verticale des 2/3 supérieurs de la capsule.
- Section du ligament suspenseur du sésamoïde latéral.
- Section du faisceau phalangien du muscle adducteur de l'hallux.

Une évaluation peropératoire de cette libération par action directe sur l'hallux (figure 94.a), ou mieux par pression de la palette métatarsienne (figure 94.b) est à chaque fois effectuée. Cette libération est arrêtée ou poursuivie jusqu'à obtenir la réduction passive de l'hallux valgus en gardant une légère tension.



Figure 94 : Réduction passive de l'HV (a) et réduction de l'HV par pression de la palette métatarsienne (b) [Collection personnelle].

4. Ostéotomie de M1:

➤ Voie d'abord :

Médiale directe sur le M1, à la jonction peau dorsale-peau plantaire.

Son étendue est variable selon la longueur de l'ostéotomie et peut être prolongée vers la P1 si on veut réaliser une ostéotomie de P1 ; soit d'emblée ou bien décidée selon les constatations peropératoires.



Figure 95 : La voie d'abord médiale [Collection personnelle].

Dissection jusqu'à la capsule articulaire qui est individualisée Arthrotomie horizontale et bursectomie.



Figure 96 : Mise en évidence de la bursite [Collection personnelle].

Décollement prudent de la capsule pour respecter sa portion dorsale et aussi et surtout la vascularisation de la tête de M1.

Le décollement capsulaire doit être en continuité avec le périoste de M1 (figure 97) ce qui confère un complément de stabilité à la fermeture.

Décollement plantaire large débutant 1cm en arrière du condyle ayant 4 avantages : [3]

- Repérer le bord médial de M1 qui est un repère pour le trait longitudinal sur la face médiale.
- Bien visualiser la face plantaire permettant de réaliser le trait longitudinal parallèle à cette face et de réaliser le trait transversal proximal de façon sûre et précise.
- Contrôler la sortie de la broche guide pour l'ostéosynthèse proximale
- Mobiliser facilement le fragment plantaire pour le raccourcissement.



Figure 97 : Aspect final de la voie médiale avec les décollements [Collection personnelle].

Exostosectomie: (Figure 98)

La résection de l'exostose suit une ligne tangente à la corticale médiale de M1, tout en gardant à l'esprit qu'il vaut mieux avoir un geste insuffisant toujours rectifiable lors de la coupe finale, qu'un excès de coupe source éventuelle d'hypercorrection.



Figure 98 : Exostosectomie peropératoire [Collection personnelle].

Réalisation des traits du SCARF :

L'orientation des traits, est fonction des corrections recherchées et cette orientation doit être donnée dès l'amorce du trait sur la corticale médiale, puis sans changer d'orientation elle se termine à la corticale latérale.

- <u>Trait longitudinal</u>: sur la face médiale de M1:

Débute au 1/3 inférieur de la métaphyse proximale à 2-3mm de la corticale plantaire et 5mm en avant de la partie postérieure du décollement plantaire en proximal et se termine au 1/3 supérieur de la métaphyse distale à 2-3mm de la corticale dorsale et 5mm du cartilage céphalique en distal. (Figure 99 (1 et 2)).

(1): situation des extrémités du trait longitudinal par rapport aux corticales dorsale et plantaire (mb): représente le bord médial de M1 (2): situation des extrémités du trait longitudinal par rapport à la partie postérieure du décollement plantaire en proximal et par rapport au cartilage céphalique en distal. (5): le trait longitudinal est oblique par rapport à l'axe de M1 (m.ax).

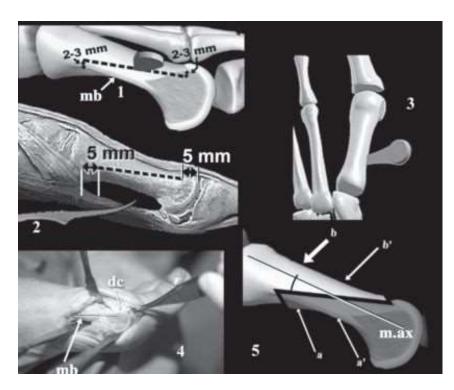


Figure 99 : Schéma du trait SCARF (avec les mesures repères) [3]

La scie est oblique mais cette orientation peut être modifiée selon le déplacement que l'on veut imprimer.

Trait oblique en plantaire vers le 5^{ème} métatarsien (figure 100a) : préserve la face latérale de M1 qui se comporte comme une poutre assurant le maintien de la solidité du M1 et une translation latérale importante.

Plus on est oblique (figures 100b et 100c), plus on aura des corrections plus importantes. Si l'obliquité est très importante il faudra amorcer le trait très dorsal sur la face médiale au risque de se retrouver avec un trait terminé en plantaire.

Aux extrémités, il faut adapter l'orientation de la scie à la correction souhaitée : orientation plutôt parallèle en proximal, pour correspondre à l'orientation des traits transversaux.



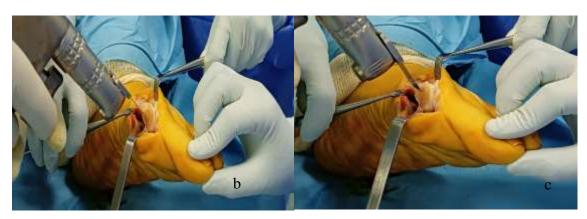


Figure 100 : Modification de l'obliquité du trait transversal [Collection personnelle].

a : trait longtudinal oblique en direction de M5

b et c: obliquité du trait augmentée

Il peut être plus ou moins long ; et plus ce trait est long, plus le potentiel de correction du métatarsus varus sera grand et avec plus de stabilité.

Un trait court est réservé aux déformations minimes à modérées, du sujet jeune avec un os solide et en cas de correction du DMAA sans translation latérale. On suggère un minimum de 2cm de long. Un SCARF court est plus instable.

Un trait long est préféré dans les déformations importantes du sujet âgé avec un os porotique ; en effet un trait long offre une plus grande surface de contact avec notamment deux contacts larges en piliers en proximal et distal ce qui évite les fractures et l'effet tuile.

Dans notre série, nous avons réalisé un trait longitudinal long sur tous les pieds opérés ; pour ses nombreux avantages.

- <u>Traits transversaux</u>: (Figure 101)

Deux traits faisant un angle de 60° (angle plus obtus jusqu'à 30°si os de moindre qualité) avec le trait longitudinal et dirigés tous deux en arrière permettant un meilleur déplacement latéral, mais le proximal est plus dirigé en arrière que le distal permettant une meilleure impaction du foyer en distal.

Commencer par le trait proximal ensuite distal.

Le trait distal doit être le plus distal possible, en os spongieux de bonne qualité pour prévenir l'effet tuile ; en arrière de la capsule (donc extra-articulaire) pour faciliter la mobilisation postopératoire, préserve la vascularisation dorsale de la tête de M1.



Trait transversal proximal



Trait transversal distal

Figure 101 : Réalisation des traits transversaux [Collection personnelle].

Les deux traits transversaux ont été orienté en proximal sur tous les pieds avec des différences en fonction de l'importance du raccourcissement souhaité. On incline les deux traits plus en proximal, si l'on veut obtenir d'avantage de raccourcissement.

> Les déplacements et corrections :

A la fin de l'ostéotomie et avant tout déplacement des fragments, il faut vérifier au préalable que la distraction est au moins égale à la translation qu'on souhaite « règle en orthopédie : dans une ostéotomie une translation est égale ou inférieure à la distraction imprimée ».

Cette manœuvre confirme également le caractère complet de l'ostéotomie et le caractère suffisant du décollement plantaire effectué. (Figure 102)



Figure 102 : Distraction du foyer d'ostéotomie avant la mobilisation des fragments [Collection personnelle].

La correction finale souhaitée et obtenue, est la résultante de l'orientation des traits d'ostéotomie et de l'importance du déplacement imprimé.

Les déplacements sont multiples et peuvent être associés, sans oublier de noter que certains déplacements engendrent automatiquement d'autres.

Le seul déplacement à effectuer, résulte de la combinaison de deux gestes simultanés, une poussée latérale du fragment céphalique plantaire pour remettre la tête de M1 sur le socle sésamoïde et une traction médiale du fragment dorsal par une pince BAKHAUSS (pince à champ) (figure 103). Cette translation peut être plus ou moins importante en distal et surtout en proximal pour réorienter la surface distale céphalique de M1afin de corriger le DMAA. Partant du principe que le SCARF permet une correction dans les trois plans de l'espace ; les autres déplacements sont en fait le résultat de l'orientation des traits d'ostéotomie avec quelque fois des recoupes osseuses peropératoires.



Figure 103 : Translation latérale [Collection personnelle].

Ces déplacements sont :

a. Dans un plan transversal:

a.1. Déplacement latéral : peut atteindre 2/3, voir 3/4 de la largeur de M1 sans danger, grâce à la conservation de la poutre latérale, un trait longitudinal suffisamment long et une bonne impaction distale. C'est le déplacement correcteur principale de l'hallux valgus et ses capacités de correction dépendent de la largeur du métatarsien qui représente pour certaines équipes la seule limite du SCARF dans ses indications.

Le déplacement latéral est toujours associé à de l'abaissement et raccourcissement en tenant compte du fait qu'on peut raccourcir M1 de 5mm sans toucher aux rayons latéraux

La translation latérale est un déplacement constant réalisé sur les 166 pieds, mais à des degrés variables selon l'importance de la déformation.

a.2. Rotation latérale de la surface articulaire distale de M1 :

Obtenue par une translation latérale plus importante en distal qu'en proximal.

Elle n'est réalisée sur aucun pied car elle accentue le DMAA presque toujours excessif dans l'hallux valgus. Ce déplacement est en contradiction avec le principe de correction de l'hallux valgus.

a.3. Rotation médiale de la surface articulaire distale de M1 :

Obtenue par une translation latérale excessive du fragment céphalique en proximal qu'en distal. Ce geste est rendu plus aisé par la résection d'un coin osseux à base médiale qui permet par la même d'éviter d'entrainer un allongement iatrogène.

Réservée pour les hallux valgus congénitaux pour certains auteurs, elle doit toujours être associée à la correction, car le DMAA est toujours excessif dans l'hallux valgus.

On note tout de même que la correction du DMAA par SCARF avec rotation médiale de la surface articulaire distale de M1, ne dépasse pas 20° (figure 104), ce qui semble suffisant sans pour autant passer à une autre technique et bien entendue un SCARF court lorsqu'il est indiqué a dans ce cas un meilleur potentiel de correction.

Sur nos 166 pieds cette médialisation est indiquée à chaque fois que le DMAA est excessif soit sur 121 pieds, alors que lorsque le DMAA n'est pas pathologique on s'abstient de la réaliser et on s'en tient qu'à l'effet rotatoire horizontal qui accompagne toute translation latérale.

Dans les deux cas une évaluation visuelle peropératoire de l'orientation du cartilage articulaire est indispensable pour parfaire la correction.

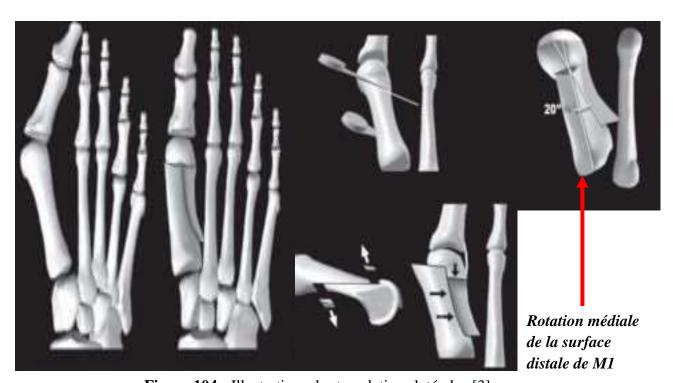


Figure 104 : Illustrations des translations latérales [3].

b. Dans un plan frontal:

A la différence des autres ostéotomies, le SCARF permet un déplacement frontal qui peut atteindre 7mm, par translation et non par bascule ou rotation de la surface articulaire. Ceci est le résultat de l'obliquité du trait longitudinal.

b.1. Abaissement:

Il est obtenu par l'inclinaison latérale du trait longitudinal et en cas d'inclinaison importante il faudra amorcer le trait longitudinal en dorso-médial afin de conserver la poutre latérale et ne pas finir son ostéotomie en plantaire.

Normalement plus le déplacement latéral est important plus l'abaissement le sera aussi ; par l'effet qu'exerce la poutre latérale sur le fragment céphalique inférieur. (Figure 105)

Plus le trait longitudinal est oblique, plus on aura de translation latérale.

Plus la hauteur de la flèche augmente plus l'abaissement augmente.

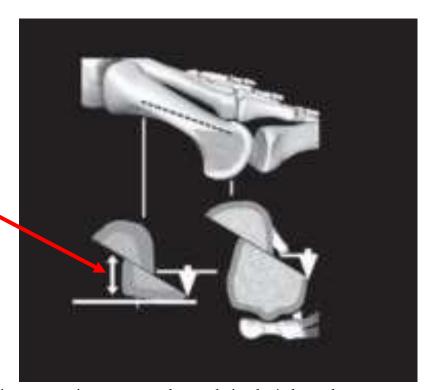


Figure 105 : Abaissement qui accompagne la translation latérale par la présence de la poutre latérale [3].

L'abaissement accompagne toujours la translation latérale, mais un abaissement plus important dans le but de faire face à des métatarsalgies a été indiqué sur 80 pieds.

b.2. Elévation:

Obtenue par un trait longitudinal transversal ou en reséquant un coin osseux à base distale au dépend du fragment dorsal et l'impaction des deux fragments réalisera l'élévation de la tête de M1.

Son principe technique est bien définit, mais son indication est exceptionnelle et limitée dans l'hallux valgus où on recherche presque toujours un abaissement.

Dans notre série l'élévation n'a pas été planifiée sur aucun pied, mais nous avons eu deux cas d'élévation iatrogène par effet tuile.

b.3. Rotation axiale en supination :

Normalement, la translation latérale du SCARF, entraine automatiquement une rotation latérale du fragment céphalique plantaire, qui s'accompagne d'une correction suffisante de la pronation. La supination correctrice est d'autant plus importante que le trait longitudinal est oblique.

Si cette correction est insuffisante, la supination peut être augmentée en reséquant un coin osseux sur la corticale médiale du fragment plantaire en sachant que la résection de 1mm corrige la pronation de 10°. (Figure 106)

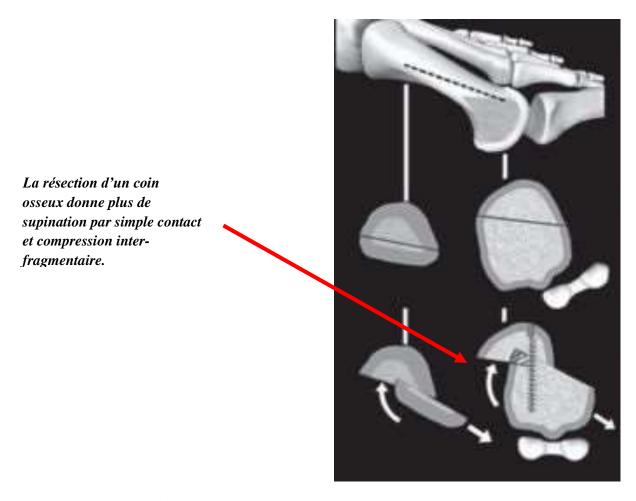


Figure 106: Supination du fragment céphalique [3].

La supination a été indiquée sur 129 pieds et obtenue en peropératoire sur 130 pieds.

b.4. La rotation axiale en pronation :

Bien que décrite sur le plan purement théorique, n'est jamais réalisée dans l'hallux valgus.

c. Dans un plan sagittal:

c.1. Allongement:

Obtenu par la réalisation de traits transversaux convergents ou comme le préconisait BURUTARAN par le biais de deux greffons osseux proximal et distal.

L'allongement doit être évité dans l'hallux valgus car il entraine souvent une dégradation arthrosique et une raideur de la MTP1 par hyperpression.

L'allongement n'a pas été indiqué sur la totalité de notre échantillon.

c.2. Raccourcissement : (Figure 107)

C'est un déplacement permanent dans le SCARF qui accompagne toute translation latérale, du fait de l'orientation oblique en proximal des deux traits transversaux. Mais un raccourcissement plus important est obtenu par :

- ➤ Inclinaison plus importante des traits transversaux jusqu'à 45° pour avoir un raccourcissement de 3 voir de 5mm à 7mm avec donc un raccourcissement égal à la translation latérale mais au prix d'une instabilité. Ou encore par la réalisation de traits transversaux divergents.
- Résection d'un fragment osseux distal et proximal (artifice de MAESTRO ou bien artifice de la queue de pie) au niveau des traits transversaux qui nous semble garder une meilleure stabilité dans les grands raccourcissements.
- ➤ Un trait transversal distal perpendiculaire à M2 n'induit pas de raccourcissement.

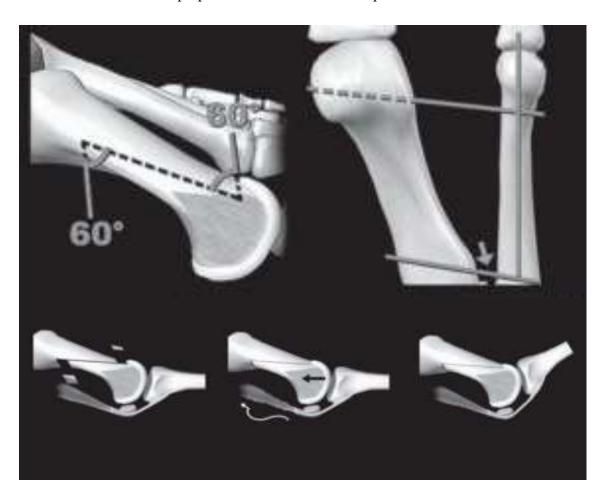


Figure 107 : Différentes façons d'obtenir un raccourcissement [3].

L'accourcissement a été indiqué sur les 166 pieds mais son calcul est basé sur des constatations peropératoires et non sur des mesures radiologiques, de même que nous n'avons pas utilisé la mesure du raccourcissement par le point « ms » selon BAROUK pour réduire l'incongruence articulaire de la MTP1.

Réglage des déplacements :

Se fait par les tests de contrôle peropératoires :

• Le sésamoïde médial à cheval sur le bord médial de la tête de M1. (Figure 108)



Figure 108 : Position du sésamoïde médial en peropératoire après correction [Collection personnelle].

- Le test de simulation de charge : (Figure 109) véritable test dynamique qui renseigne sur la future position de l'hallux lors de la reprise de l'appui. Décrit par KARL HEINZ KRISTEN en Autriche et présenté lors des journées du printemps de l'AFCP de Bordeaux en 2000.
 - Consiste à exercer un appui sur l'avant pied avec la paume de la main de l'opérateur mais dans un plan purement horizontal évitant d'entrainer le pied en varus ou valgus.
 - Il doit être réalisé à chaque étape de la procédure chirurgicale afin d'améliorer la réduction et/ou indiquer des gestes supplémentaires.

Après translation latérale du fragment et fixation temporaire par davier : 03 situations :

- o Hypercorrection : diminuer la translation latérale.
- o Position optimale: continuer la fixation.
- O Hypocorrection : soit augmenter la translation si mauvais rechaussage des sésamoïdes, soit améliorer par retention médiale et/ou indiquer une ostéotomie de varisation de P1.

Après retention tissulaire médiale : 03 situations :

- o Retendre plus les structures médiales.
- O Détendre ces mêmes structures.
- Ou bien associer une ostéotomie de varisation de P1.

Avant ostéotomie de P1 pour choisir son niveau :

- o Petite insuffisance: varisation basale.
- o Hallomégalie ou valgus inter-phalangien excessif ou dérotation : ostéotomie diaphysaire.

Dernier test après ostéotomie de P1 et fixation finale.



Figure 109 : Test de la simulation de charge en peropératoire [Collection personnelle].

- Evaluation de la position plantaire de la tête de M1 par rapport à la tête de M2 : en vue d'une recoupe osseuse pour une élévation ou un surplus d'abaissement.
- Evaluation passive de la flexion dorsale : si limitation faire plus de raccourcissement.



Figure 110 : Flexion dorsale passive en peropératoire [Collection personnelle].



Figure 111 : Flexion plantaire passive en peropératoire [Collection personnelle].

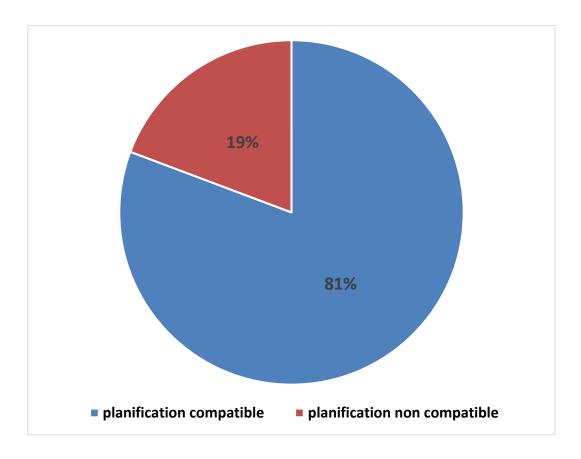
- Artifice de GRAFF [3] : en poussant sur la plante du pied en exerce une poussée médio-latérale sur la tête de M1 :
 - Si on obtient un meilleur alignement de l'hallux : défaut de translation.
 - Si aucune mobilité : M1 est collé à M2 : excès de translation.

Les gestes de corrections planifiés et ceux réalisés en peropératoires sont présentés dans le tableau ci-dessous. Lorsque la totalité des gestes opératoires prévus et planifiés en préopératoire ont été réalisé, on considère que la compatibilité est complète ; par contre la réalisation d'au moins un geste en moins ou en plus signe l'incompatibilité entre la planification préopératoire et les gestes réalisés.

Gestes de correction	Planification préopératoire	Gestes peropératoires
Translation latérale	166	166
Accourcissement	166	166
Supination	129	130
Rotation médiale de la surface distale de M1	116	121
Abaissement	80	80
Elévation	0	2
Rotation latérale de la surface distale de M1	0	0
Allongement	0	0
Gestes associés	58	40

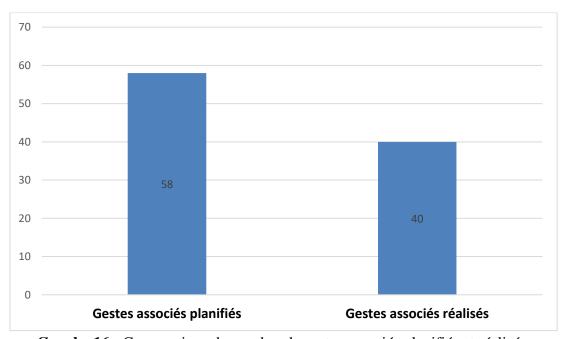
Tableau 11 : Comparaison des gestes de corrections planifiés avec les gestes réalisés.

La comparaison entre la planification clinique et surtout radiologique préopératoire et la correction peropératoire est compatible dans 134 pieds soit 81% des cas.



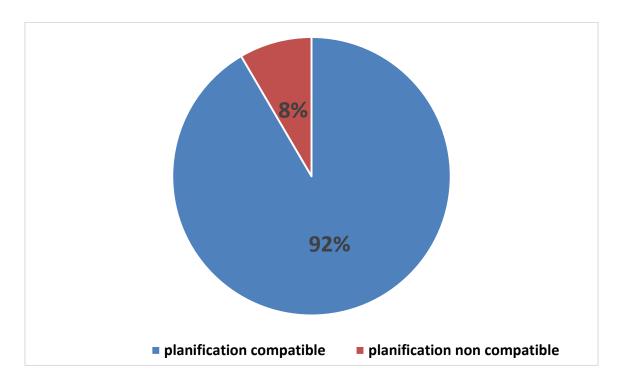
Graphe 15 : Compatibilité entre la planification préopératoire et les actes peropératoires avec les gestes associés.

La comparaison des gestes associés retrouve qu'ils sont à l'origine de 18 incompatibilités préopératoires-peropératoires



Graphe 16 : Comparaison du nombre de gestes associés planifiés et réalisés.

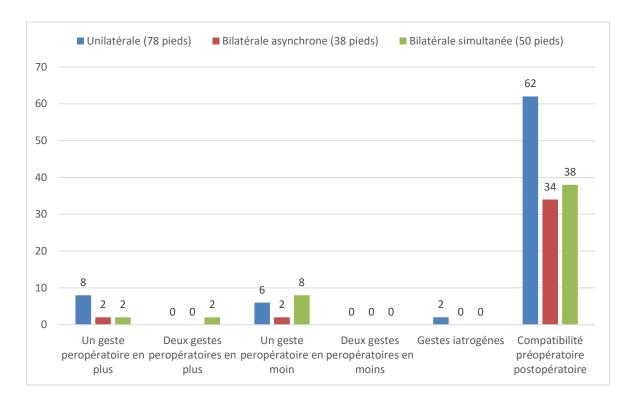
Si on supprime les incompatibilités liées aux gestes associés pour ne garder que celles en rapport avec l'ostéotomie SCARF, on aura seulement 14 différences entre la planification préopératoire et la correction peropératoire et une compatibilité pour 152 pieds.



Graphe 17 : Compatibilité entre la planification préopératoire et les actes peropératoires sans les gestes associés.

Type de chirurgie	Un geste peropératoire en plus	Deux gestes peropératoires en plus	Un geste peropératoire en moins	Deux gestes peropératoires en moins	Gestes iatrogènes	Compatibilité préopératoire postopératoire
Unilatérale (78 pieds)	8	0	6	0	2	62 79,5%
Bilatérale asynchrone (38 pieds)	2	0	2	0	0	34 89,5%
Bilatérale simultanée (50 pieds)	2	2	8	0	0	38 76%

Tableau 12 : Compatibilité de la planification préopératoire et la correction réalisée selon la bilatéralité.



Graphe 18 : Compatibilité de la planification préopératoire et la correction réalisée selon la bilatéralité.

5. La fixation:

Une fois que la correction obtenue est jugée satisfaisante, on procède à la fixation qui est d'abord temporaire par un davier sans trop le serrer pour éviter l'effet tuile ; (le SCARF autostable n'a pas besoin de davier) (figure 112) et ensuite définitive ayant pour but d'optimiser la stabilité déjà primaire du SCARF.



Figure 112: Fixation temporaire par davier VS SCARF autostable. [Collection personnelle].

En effet il est admis que les ostéotomies orientées de dorsal, distal à proximal plantaire offrent une stabilité primaire et permettent grâce à l'appui, la compression automatique du fragment distal sur le fragment proximal [42].

Ainsi, cette fixation se fait par deux vis, une vis, ostéosuture ou encore autostable sans fixation ou bien fixation mixte par vis avec ostéosuture. En cas d'ostéoporose avancée une ostéosynthèse par 3 vis voir par plaque est parfois utilisée.

Lorsque la fixation se fait par deux vis ; la vis distale oblique dans la tête de M1est placée en premier pour améliorer l'impaction distale et donc la stabilité et la vis proximale est rajoutée lorsque l'instabilité est suspecté et persistante.

Cette fixation fait appel à des vis spéciales pour SCARF de 2,5mm de diamètre dont la mise en place obéit à une séquence :

- Mise en place de la broche guide avec reposition si nécessaire jusqu'à avoir la position optimale. (Figure 113a)
- Mesure de la longueur de la vis (mesure exacte en proximal et soustraire 5mm pour la vis distale)
- Méchage sur broche. (Figure 113b).
- Mise en place de la vis perforée sur broche, d'abord la distale ensuite la proximale. (figures 113c et 113d)

Position optimale:

Siège de la vis	Vis distale	Vis proximale
Point d'entrée	1cm en arrière du cartilage et du trait transversal distal.	Face dorsale plutôt en médiale pour respecter la poutre latérale
Terminaison/ point de sortie	Dans la tête de M1 sans effraction articulaire	Corticale plantaire, près du bord latéral là où la diaphyse est solide.
Trajet	Oblique de 45° en bas et légèrement en dehors (assure la compression sans entrainer d'élévation de la tête). Bissectrice de deux lignes verticale et horizontale.	Oblique en plantaire distal et latéral

Tableau 13: Position optimale des vis du SCARF.





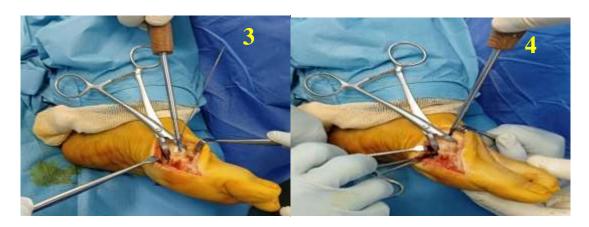


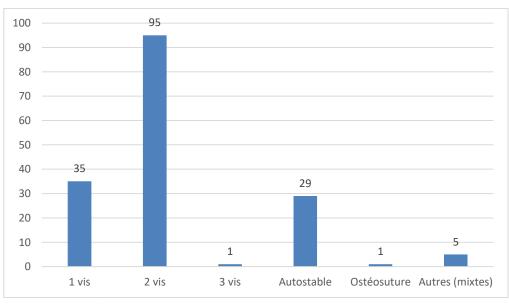
Figure 113 : Différentes séquences du vissage [Collection personnelle].

- 1. Mise en place de la broche guide 2. Méchage (bicortical en proximal et unicortical en distal) sur broche guide.
 - 3. Vissage distal sur broche guide
 - 4. Vissage proximal sur broche guide.

Dans notre série la fixation était la suivante :

Mode de fixation	Côté	Nombre (Pieds)
	Unilatéral	12
1 vis	Bilatéral asynchrone	1
	Bilatéral simultané	22
	Unilatéral	55
2 vis	Bilatéral asynchrone	30
	Bilatéral simultané	10
	Unilatéral	1
3 vis	Bilatéral asynchrone	0
	Bilatéral simultané	0
	Unilatéral	6
Autostable	Bilatéral asynchrone	5
	Bilatéral simultané	18
	Unilatéral	1
Ostéosuture	Bilatéral asynchrone	0
	Bilatéral simultané	0
	Unilatéral	3
Autres (mixtes)	Bilatéral asynchrone	2
	Bilatéral simultané	0

Tableau 14 : Répartition du mode de fixation selon le côté.

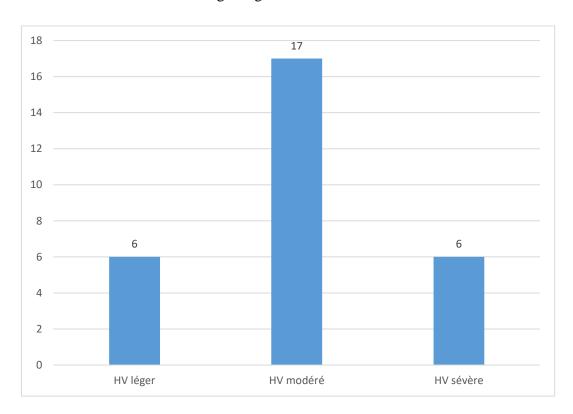


Graphe 19 : Répartition selon le mode de fixation.

La fixation par deux vis est le mode de fixation le plus employé dans notre série avec 95 pieds ; vient ensuite la fixation par une vis sur 35 pieds.

Les SCARF autostables représentent 29 pieds qui sont répartis selon la sévérité de l'hallux valgus comme suit :

- 17 étaient des hallux valgus modérés.
- 6 étaient des hallux valgus sévères.
- 6 étaient des hallux valgus légers.



Graphe 20 : Répartition des hallux valgus autostables selon la sévérité de l'HV.

6. Résection distale du fragment cortical supérieur : avec deux précautions :

- Résection de l'angle distal medio-dorsal qui rendra une hypocorrection mieux tolérée comme disait VALTIN et économique en plantaire pour laisser la place au sésamoïde médial. (Figure 114)
- Emondage pour supprimer toutes les arêtes tranchantes. (Figure 115)

Le fragment reséqué peut être impacté en proximal ce qui rajoute de la stabilité notamment dans le SCARF autostable.

Une précaution lors de cette recoupe pour ne pas déstabiliser un SCARF autostable ou une ostéosynthèse précaire sur os porotique ; est de diriger la lame de scie obliquement par rapport à l'os pour ne pas voir les oscillations de la lame entrainer de diastasis du foyer d'ostéotomie.



Figure 114 : Résection du fragment dorsal avec lame de scie oblique [Collection personnelle].



Figure 115 : Emondage des arêtes osseuses [Collection personnelle].

7. Retension tissulaire médiale :

Il faut isoler au préalable le nerf collatéral dorsal récliné en dehors car c'est ce nerf qui est à l'origine de la douleur.

La retention médiale doit permettre un centrage tendineux sans hypercorrection avec débord médial du sésamoïde.

Par un à trois points en X. Le premier point en X doit être :

- Introduit par la capsule dorsale.
- Sortie par la capsule plantaire en prenant le tendon de l'abducteur de l'hallux sans le disséquer, transformant ainsi ce muscle en médial et passant, prêt du sésamoïde médial.
- Le serrage du point doit se faire en flexion plantaire de l'hallux (tout l'hallux et ne pas créer une griffe de l'IP) pour potentialiser l'appui plantaire de l'hallux. (Figure 116)
- Le serrage du nœud se fait au centre de la tête de M1.
- Le tendon extenseur doit rester rectiligne et ne jamais dévier en dedans.



Figure 116 : Remise en tension médiale [Collection personnelle].



Figure 117 : Test et reglage de la remise en tension médiale [Collection personnelle].



Figure 118 : Aspect final de la remise en tension médiale [Collection personnelle].

8. Suture cutanée :

Le plus souvent faite par un surjet intradermique offrant une bien meilleure cicatrice. Le drainage (par drain de REDON ou crins de Florence) n'est pas systématique. Il est à discuter dans certains cas particuliers.



Figure 119 : Suture cutanée [Collection personnelle].

A l'exception des pieds opérés avec gestes étendu aux rayons latéraux tous les autres ont bénéficié d'une suture cutanée par surjet intradermique. Sur les 166 pieds opérés, nous n'avons placé aucun drainage y compris chez des malades cardiopathes avec traitement par antivitamine K en préopératoire, substitué par des HBPM à dose curative en péri-opératoire.

9. Pansement:

Le pansement doit être confectionné avec rigueur, après levée du garrot afin que le pied reprenne son volume normal.

Une à deux compresses ouvertes sont mises entre le O1 et O2.

Il ne faut en aucun cas faire un pansement serré surtout à hauteur des têtes métatarsiennes.



Figure 120 : Pansement [Collection personnelle].

10. Suites opératoires :

Tous nos malades ont suivi le même protocole post-opératoire :

- ➤ Antibioprophylaxie de 24 heures.
- ➤ HBPM 15 jours (les HBPM à dose curative chez deux malades jusqu'à obtenir un taux de prothrombine et un International Normalised Ratio : INR, dans la fourchette thérapeutique).
- Antalgiques de classe 1 ou dans certains cas de classe 2.
- ➤ Cryothérapie : effet très bénéfique sur la douleur, l'inflammation, l'œdème et le saignement ; peut-être poursuivie une quinzaine de jours à raison de 1 à 2 séances de 20 minutes par jour.
- Pansement à J15 (à J1 s'il est souillé de sang puis à J15) et ablation des surjets.
- Strapping maintenant un léger varus.
- Mobilisation immédiate à J1- J2 en flexion extension de l'hallux, flexion/extension, pronation/supination et circumduction de la cheville. Certains malades nécessitent de se faire accompagner par le rééducateur mais la plus grande majorité de nos malades ont fait de l'auto-rééducation.
- Reprise de l'appui sur l'avant-pied est une affaire de solidité de l'os, de la stabilité et des habitudes. Dans notre expérience nous recommandons :
 - Appui immédiat sur chaussure de BAROUK (après sédation de l'effet de l'anesthésie) le soir même de l'intervention.



Figure 121 : Chaussure de BAROUK [Collection personnelle].



Figure 122 : Malade avec chaussure de BAROUK et appui immédiat à J1 postopératoire [Collection personnelle].

 Appui plantigrade complet à J15 et suppression de la chaussure de BAROUK : on recommande un déroulé normal du pas « la meilleure rééducation est de marcher pieds nus normalement ».

> Chaussage:

- Chaussures de sport souples et/ou chaussures larges et souples à J15.
- Chaussage normale espéré à 2 mois mais la reprise des chaussures fines se fait en général vers 3 à 6 mois.
- ➤ Reprise du sport vers 3 mois quoi que certaines malades aient repris à 1 mois et demi, 2 mois.

B. Complications et incidents peropératoires :

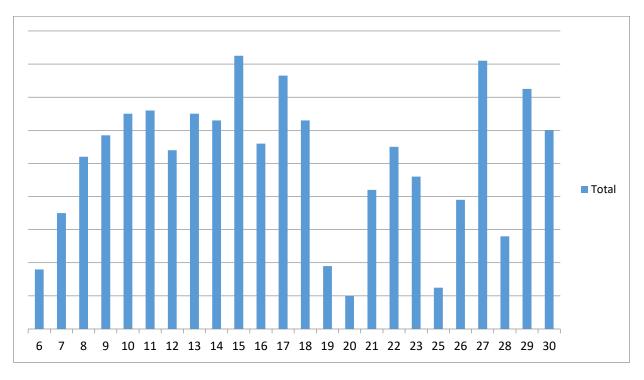
Incidents peropératoires	Nombre
Mauvaise tenue de la vis céphalique d'où rajout d'une 3 ^{ème} vis	01
Fracture du col de M1, fixée par ostéosuture	02
Fracture de la corticale distale du fragment dorsal lors du serrage de la vis, décision de faire une ostéosuture	02
Trait longitudinal trop haut en proximal	01
Mauvaise tenue de vis courtes d'où réalisation d'une ostéosuture	01
Fausse route du trajet de la vis d'ostéosynthèse de l'ostéotomie de P1 d'où reposition peropératoire	02
Excès de libération latérale ayant justifié un point de suture sur le ligament collatéral latéral	02
Effet tuile	02
Retard de recoloration des O2 et O3 après ostéotomie de WEIL pour subluxation métatarso-phalangiènne des rayons latéraux	02

Tableau 15 : Complications et incidents peropératoires.

Nous avons recensé 15 incidents peropératoires que l'on rattache à des défauts dans l'exécution de certains gestes techniques.

V. Résultats

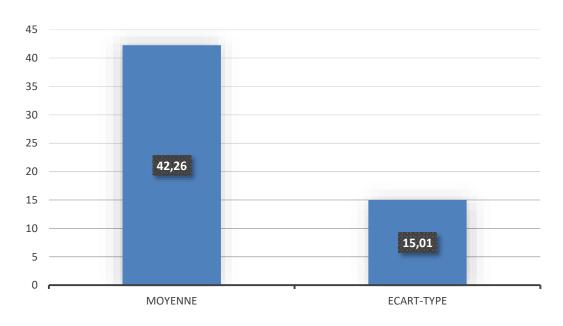
1. Recul de l'étude :



Graphe 21 : Recul de l'étude.

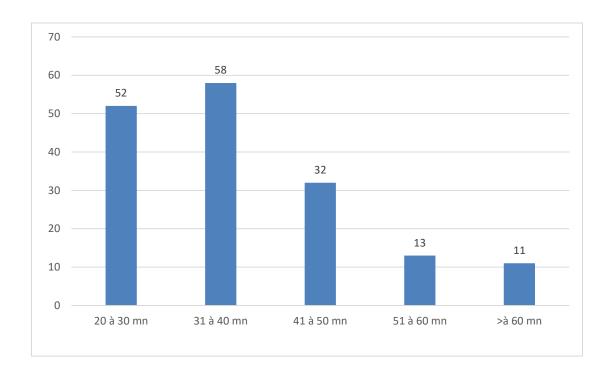
Le recul moyen de notre étude est de 14,7 mois avec des extrêmes de 6 mois à 30 mois.

2. Durée opératoire :



Graphe 22: Moyenne du temps opératoire.

La durée moyenne de l'intervention est de 42,26 minutes.



Graphe 23 : Répartition du nombre de cas par intervalle de temps opératoire.

Pour 58 pieds, le temps opératoire est situé entre 31 à 40 minutes et pour 52 pieds ce temps est de 20 à 30 minutes.

3. Complications postopératoires :

Complications	Nombre
Céphalées après rachis-anesthésie, très mal vécues par la malade	01
Infections post-opératoires (superficielles ou profondes)	00
Hématomes	05
Raideur de la MTP1 sans retentissement fonctionnel.	12
Aggravation radiologique de l'arthrose de la MTP1	01
Cal vicieux par élévation de la tête de M1 secondaire à l'effet tuile ou télescopage des fragments, dorsal et plantaire	04
Exostosectomie généreuse sans hyperréduction	04
Perturbation de l'harmonie de la courbe métatarsienne après ostéotomie de WEIL	02
Hallux varus résiduel peu symptomatique, n'ayant pas justifié de reprise chirurgicale	13
Hypocorrection	09
Algoneurodystrophie	03
Récidives	00
Anesthésie dorso-médiale de l'hallux	01
Paresthésies et hypoesthésies dorso-médiales ayant régressées après 06 mois	02
Névrome sur la cicatrice dorso-latérale, ayant justifié une reprise chirurgicale	01
Cicatrice chéloïde/ cicatrice inesthétique / conflit de la cicatrice médiale avec la chaussure	03
Total	61

Tableau 16 : Complications postopératoires.

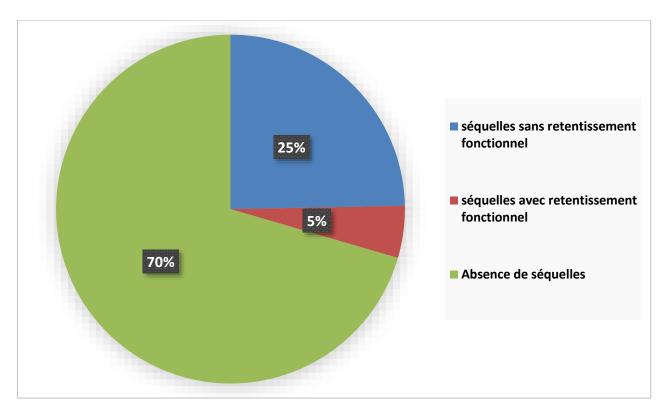
Séquelles sans retentissement fonctionnel	Nombre
Raideur de la MTP1	12
Aggravation radiologique de l'arthrose de la MTP1	01
Exostosectomie généreuse	04
Hallux varus résiduel peu symptomatique n'ayant pas justifié de reprise chirurgicale	13
Hypocorrection sans retentissement	08
Cicatrice chéloïde/ cicatrice inesthétique / conflit de la cicatrice médiale avec la chaussure	03
Total	41

Tableau 17 : Séquelles sans retentissement fonctionnel.

Séquelles avec retentissement fonctionnel	Nombre
Cal vicieux par élévation de la tête de M1 secondaire à l'effet tuile ou télescopage des fragments, dorsal et plantaire	04
Hypocorrection avec retentissement	01
Perturbation de l'harmonie de la courbe métatarsienne après ostéotomie de WEIL	02
Anesthésie dorso-médiale de l'hallux	01
Total	8

Tableau 18 : Séquelles avec retentissement fonctionnel.

Dans notre série de 166 pieds, nous avons répertorié 61 complications post-opératoires, dont certaines ont été rapidement jugulées comme les hématomes par drainage lors des pansements. D'autres complications ont évolué vers des séquelles, dont 41 n'ont pas eu de retentissement fonctionnel. Nous déplorons tout de même, 8 séquelles post-opératoires avec un retentissement fonctionnel, mais qui n'ont pas justifié de reprise chirurgicale au dernier recul.



Graphe 24 : Répartition selon les séquelles fonctionnelles.

Sur la totalité de notre échantillon :

70% des pieds opérés ont eu une évolution favorable sans séquelles.

25% ont eu des séquelles sans retentissement fonctionnel.

5% seulement ont eu des séquelles avec un retentissement fonctionnel, sans pour autant justifier de révision chirurgicale au dernier recul.

4. Résultats radiologiques :

Tous les malades opérés sont revenus pour une évaluation radiologique à 3 mois et à 6 mois avec :

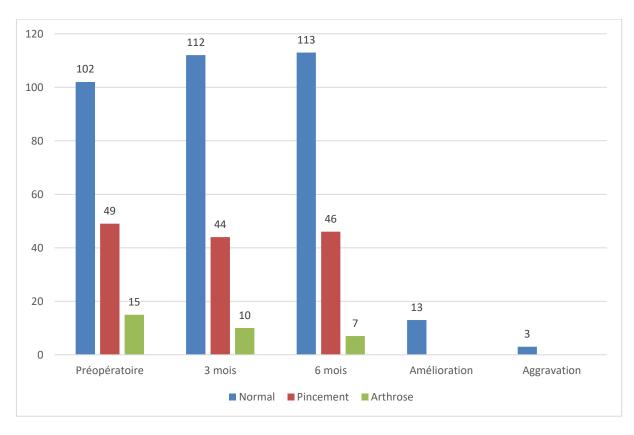
- Radiographies du pied (ou des deux pieds) de face et de profil en charge.
- Incidence(s) de GUNTZ.

4.1. Articulation MTP1:

On retrouve 13 améliorations contre seulement 3 aggravations avec passage d'un interligne normal vers un pincement ou une arthrose ou d'un interligne pincé vers l'arthrose.

Aspect Rx	Normal	Pincement	Arthrose
Préopératoire	102	49	15
3 mois	112	44	10
6 mois	113	46	7
Amélioration		13	
Aggravation		3	

Tableau 19: Résultats sur l'articulation MTP1.



Graphe 25: Représentation graphique des résultats sur l'articulation MTP1.

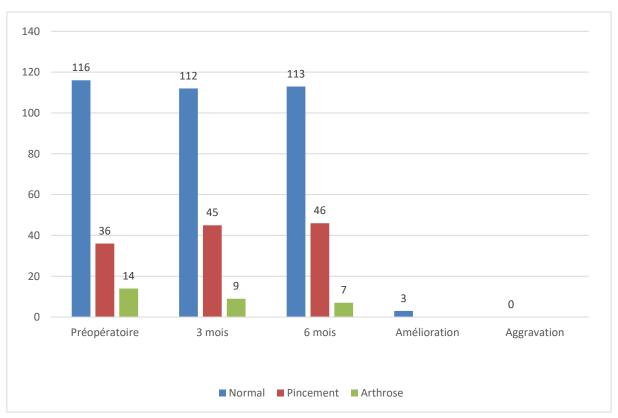
4.2. Articulation inter-phalangienne:

On retrouve 3 améliorations, avec passage d'un interligne pincé vers un interligne plus congruent ou bien une régression de l'arthrose.

Aucune aggravation n'est survenue.

Aspect RX	Normal	Pincement	Arthrose
Préopératoire	116	36	14
3 mois	112	45	9
6 mois	113	46	7
Amélioration		3	
Aggravation		0	

Tableau 20: Résultats sur l'articulation IP.



Graphe 26 : Représentation graphique des résultats sur l'articulation IP.

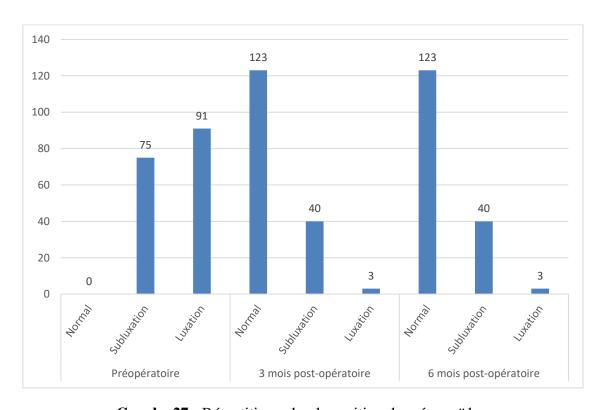
4.3. Position des sésamoïdes :

Sur les radiographies préopératoires, le sésamoïde latéral est déplacé dans tous les pieds avec une subluxation dans 75 pieds et une luxation dans 91 pieds.

Cette position a été améliorée en postopératoire pour ne laisser persister que 3 luxations et 40 subluxations à 6 mois.

Période	Position des sésamoïdes	Nombre
	Normal	0
Préopératoire	Subluxation	75
	Luxation	91
	Normal	123
3 mois post-opératoire	Subluxation	40
	Luxation	3
	Normal	123
6 mois post-opératoire	Subluxation	40
	Luxation	3

Tableau 21: Position des sésamoïdes.



Graphe 27: Répartition selon la position des sésamoïdes.

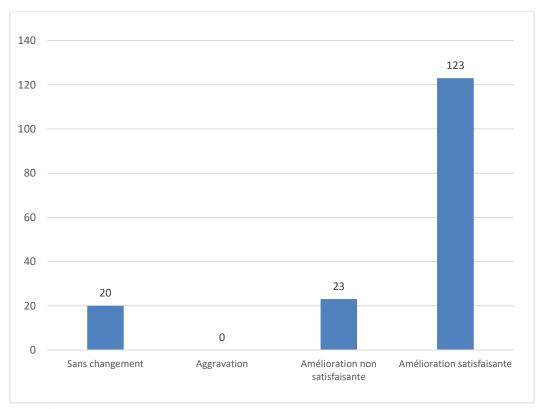
On retrouve les variations suivantes dans la position des sésamoïdes :

74,1 % d'amélioration satisfaisante.

12 % de position inchangée et aucune aggravation n'a été constatée que celle-ci soit en latérale ou en médiale dans le cas des hyperréductions.

Variation de la position des sésamoïdes	Nombre	Pourcentage (%)
Sans changement	20	12
Aggravation	0	0
Amélioration non satisfaisante	23	13,9
Amélioration satisfaisante	123	74,1

Tableau 22 : Variation de la position des sésamoïdes.

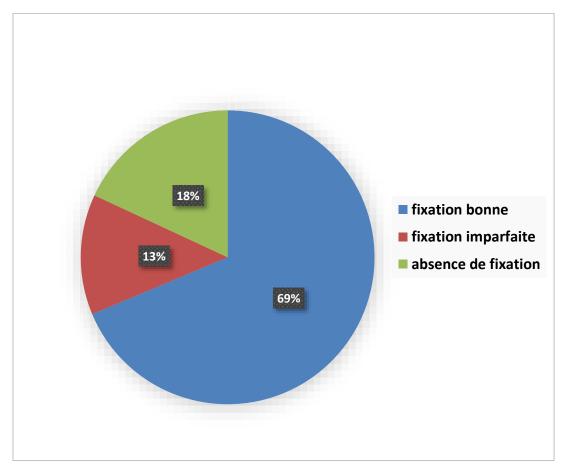


Graphe 28 : Variation de la position des sésamoïdes en postopératoire.

4.4. Répartition selon la qualité de la fixation :

Sur les 166 pieds, en dehors des 18% où aucune ostéosynthèse n'a été placée, cette dernière était bonne dans 69% et imparfaite dans 13%.

L'imperfection concerne soit la longueur, soit la position et orientation de la vis ou bien les deux à la fois.



Graphe 29 : Répartition selon la qualité de fixation.

Nous avons retenu le caractère imparfait de l'ostéosynthèse à chaque fois que celle-ci ne répondait pas aux normes biomécaniques en terme de longueur et d'orientation et donc de tenue insuffisante. Un excès de longueur de la vis distale qui entrave la mécanique articulaire métatarso-sésamoïdienne est également une imperfection majeure.

Par contre nous avons toléré des imperfections minimes que ce soit pour la longueur ou la position.

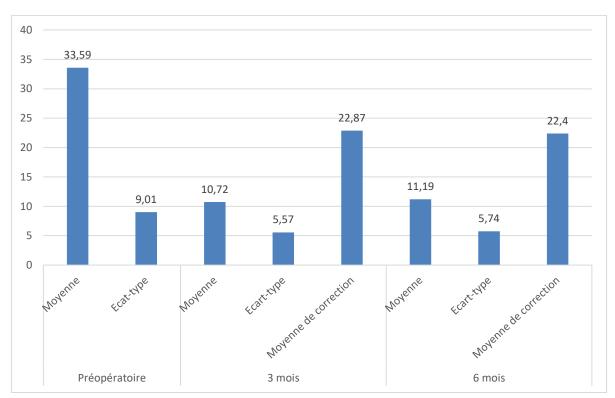
4.5. Mesures angulaires:

a. Résultats de l'angle du valgus métatarso-phalangien (HVA) :

Préopératoire	Moyenne	33,59°
	Ecart-type	9,01
3 mois	Moyenne	10,72°
	Ecart-type	5,57
	Moyenne de correction	22,87°
6 mois	Moyenne	11,19°
	Ecart-type	5,74
	Moyenne de correction	22,4°

Tableau 23 : Résultats de la variation de l'HVA.

La mesure de l'HVA est passée d'une moyenne de $33,59^{\circ}$ qui est largement au-dessus de la normale à une moyenne de $10,72^{\circ}$ à 3 mois et $11,19^{\circ}$ à 6 mois.



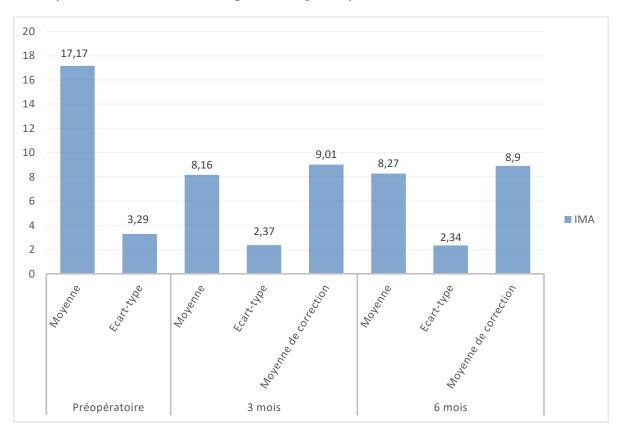
Graphe 30 : Résultats de la variation de l'HVA.

b. Résultats de l'angle inter-métatarsien (IMA) :

Préopératoire	Moyenne	17,17°
	Ecart-type	3,29
3 mois	Moyenne	8,16°
	Ecart-type	2,37
	Moyenne de correction	9,01°
6 mois	Moyenne	8,27°
	Ecart-type	2,34
	Moyenne de correction	8,9°

Tableau 24 : Résultats de la variation de l'IMA.

La moyenne de correction de l'IMA est de 9.01° avec un angle moyen de 8.16° à 3 mois contre une moyenne de correction de 8.9° pour un angle moyen de 8.27° à 6 mois.



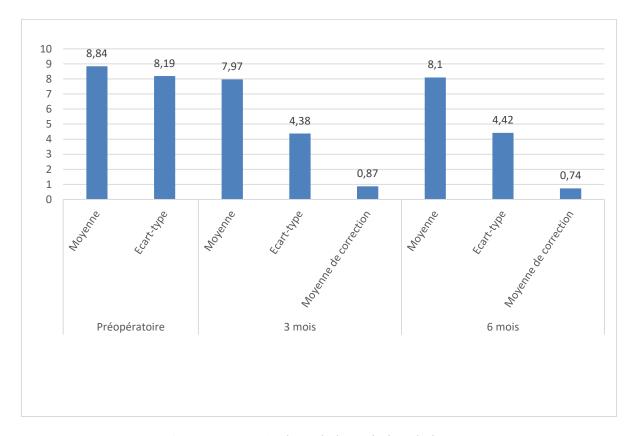
Graphe 31 : Résultats de la variation de l'IMA.

c. Résultats de l'angle inter-phalangien (IPA) :

Préopératoire	Moyenne	8,84°
	Ecart-type	8,19
3 mois	Moyenne	7,97°
	Ecart-type	4,38
	Moyenne de correction	0,87°
6 mois	Moyenne	8,1°
	Ecart-type	4,42
	Moyenne de correction	0,74°

Tableau 25 : Résultats de la variation de l'IPA.

La moyenne de correction de l'IPA n'est pas significative à 3 et à 6 mois.



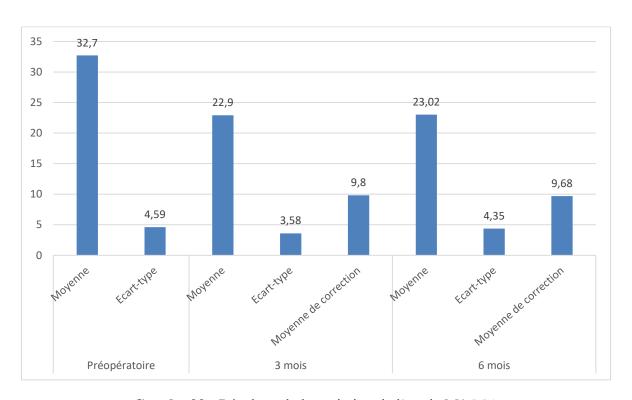
Graphe 32 : Résultats de la variation de l'IPA.

d. Résultats de l'angle d'étalement métatarsien (M1-M5) :

Préopératoire	Moyenne	32,7°
	Ecart-type	4,59
3 mois	Moyenne	22,9°
	Ecart-type	3,58
	Moyenne de correction	9,8°
6 mois	Moyenne	23,02°
	Ecart-type	4,35
	Moyenne de correction	9,68°

Tableau 26 : Résultats de la variation de l'angle M1-M5.

L'angle M1-M5 est passé d'une moyenne de $32,7^\circ$ à $22,9^\circ$ à 3 mois et $23,02^\circ$ à 6 mois, ce qui correspond à une moyenne de correction respective de $9,8^\circ$ et $9,68^\circ$ à 3 mois et à 6 mois.



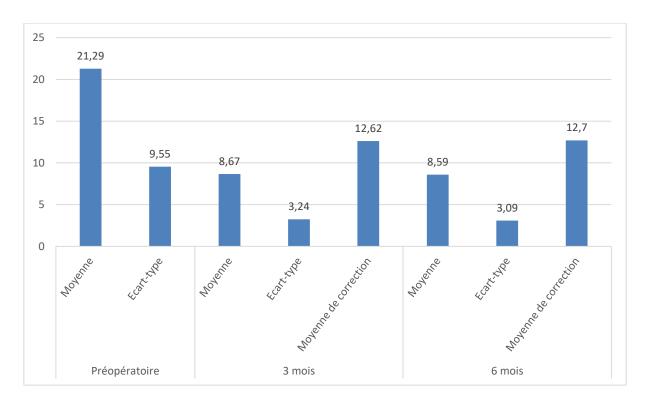
Graphe 33 : Résultats de la variation de l'angle M1-M5.

e. Résultats de l'angle de la surface articulaire distale de M1 (DMAA) :

Préopératoire	Moyenne	21,29°	
	Ecart-type	9,55	
3 mois	Moyenne	8,67°	
	Ecart-type	3,24	
	Moyenne de correction	12,62°	
6 mois	Moyenne	8,59°	
	Ecart-type	3,09	
	Moyenne de correction	12,7°	

Tableau 27: Résultats de la variation du DMAA.

La moyenne du DMAA est passée de 21,29° en préopératoire à 8,67° et 8,59° respectivement à 3 et 6 mois.



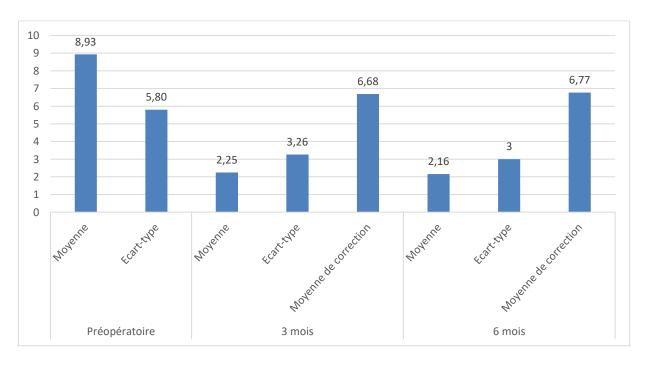
Graphe 34: Résultats de la variation du DMAA.

f. Résultats de l'angle de la surface articulaire de M1 par rapport à l'axe de M2 (DM2AA) :

Préopératoire	Moyenne	8,93°	
	Ecart-type	5,80	
3 mois	Moyenne	2,25°	
	Ecart-type	3,26	
	Moyenne de correction	6,68°	
6 mois	Moyenne	2,16°	
	Ecart-type	3	
	Moyenne de correction	6,77°	

Tableau 28 : Résultats de la variation du DM2AA.

La moyenne du DM2AA est passée de 8,93° en préopératoire à 2,25° et 2,16° respectivement à 3 et 6 mois.



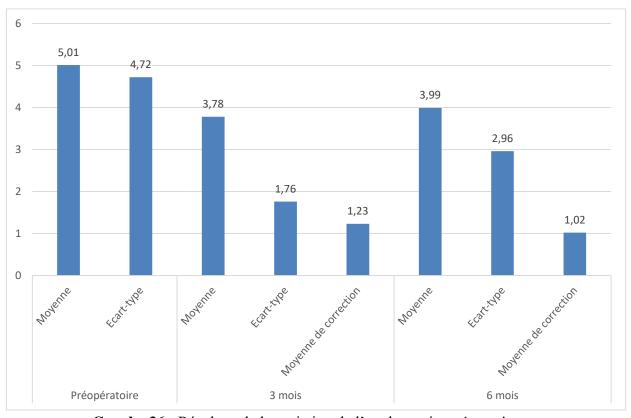
Graphe 35: Résultats de la variation du DM2AA.

g. Résultats de l'angle cunéo-métatarsien (ACM) :

Préopératoire	Moyenne	5,01°
	Ecart-type	4,72
3 mois	Moyenne	3,78°
	Ecart-type	1,76
	Moyenne de correction	1,23°
6 mois	Moyenne	3,99°
	Ecart-type	2,96
	Moyenne de correction	1,02°

Tableau 29 : Résultats de la variation de l'angle cunéo-métatarsien.

Les variations de l'angle cunéo-métatarsien sont minimes si on compare les valeurs préopératoires et post-opératoires.



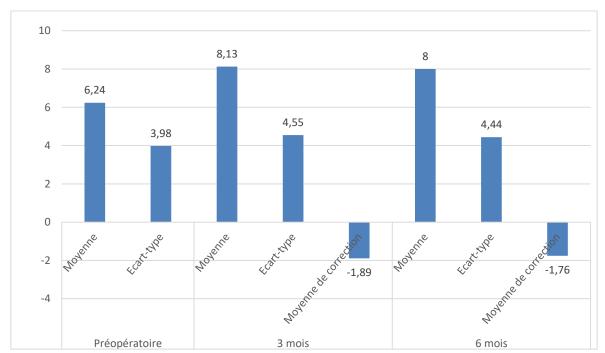
Graphe 36 : Résultats de la variation de l'angle cunéo-métatarsien.

h. Résultats de l'angle d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme (AISADC) :

Préopératoire	Moyenne	6,24°	
	Ecart-type	3,98	
3 mois	Moyenne	8,13°	
	Ecart-type	4,55	
	Moyenne de correction	-1,89°	
6 mois	Moyenne	8°	
	Ecart-type	4,44	
	Moyenne de correction	-1,76°	

Tableau 30 : Résultats de la variation de l'angle d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme.

La comparaison des moyennes de l'angle d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme, retrouve une augmentation minime de la moyenne en post-opératoire, expliquant la valeur négative de la moyenne de correction.



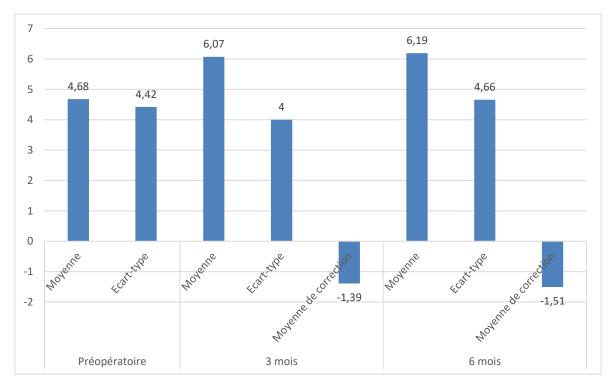
Graphe 37 : Résultats de la variation de l'angle d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme.

i. Résultats de l'angle d'inclinaison de la base de M1 (AIBM1) :

Préopératoire	Moyenne	4,68°	
	Ecart-type	4,42	
3 mois	Moyenne	6,07°	
	Ecart-type	4	
	Moyenne de correction	-1,39°	
6 mois	Moyenne	6,19°	
	Ecart-type	4,66	
	Moyenne de correction	-1,51°	

Tableau 31: Résultats de la variation de l'angle d'inclinaison de la base de M1.

Les valeurs moyennes post-opératoires sont en légères augmentation par rapport aux valeurs préopératoires, expliquant là aussi la tendance négative de la moyenne de correction.



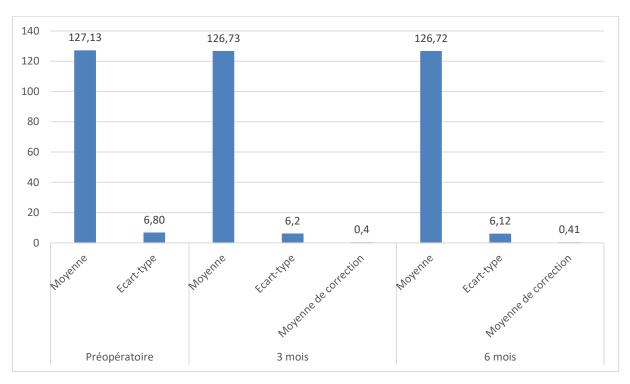
Graphe 38 : Résultats de la variation de l'angle d'inclinaison de la base de M1.

j. Résultats de l'angle de DJIAN-ANNONIER :

Préopératoire	Moyenne	127,13°	
	Ecart-type	6,80	
3 mois	Moyenne	126,73°	
	Ecart-type	6,2	
	Moyenne de correction	0,4°	
6 mois	Moyenne	126,72°	
	Ecart-type	6,12	
	Moyenne de correction	0,41°	

Tableau 32 : Résultats de la variation de l'angle de DJIAN-ANNONIER.

L'angle de DJIAN-ANNONIER, subit également une légère diminution en post-opétratoire avec une moyenne de correction de 0,4°.



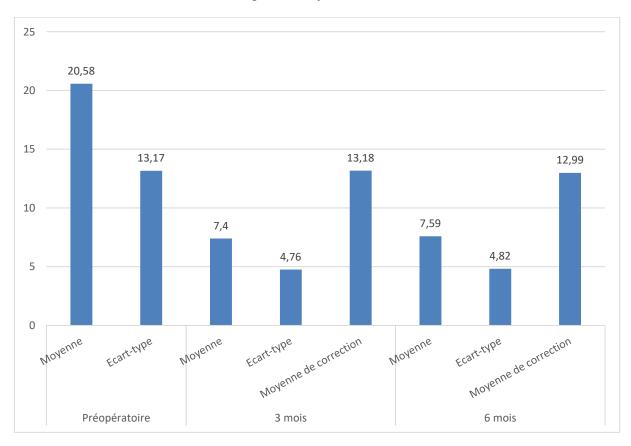
Graphe 39 : Résultats de la variation de l'angle de DJIAN-ANNONIER.

k. Résultats de l'angle de rotation des sésamoïdes (SRA) :

Préopératoire	Moyenne	20,58°	
	Ecart-type	13,17	
3 mois	Moyenne	7,4°	
	Ecart-type	4,76	
	Moyenne de correction	13,18°	
6 mois	Moyenne	7,59°	
	Ecart-type	4,82	
	Moyenne de correction	12,99°	

Tableau 33 : Résultats de la variation de l'angle de rotation des sésamoïdes.

La rotation sésamoïdienne a été corrigée en moyenne de 13,18° à 3 mois et 12,99° à 6 mois



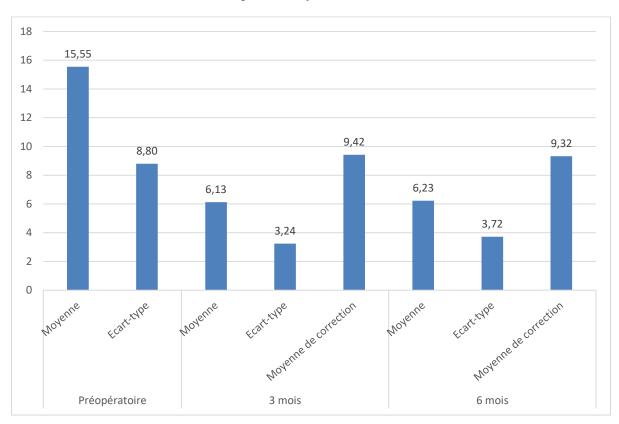
Graphe 40 : Résultats de la variation de l'angle de rotation des sésamoïdes (SRA).

1. Résultats de l'angle de rotation métatarsienne (MRA) :

Préopératoire	Moyenne	15,55°
	Ecart-type	8,80
3 mois	Moyenne	6,13°
	Ecart-type	3,24
	Moyenne de correction	9,42°
6 mois	Moyenne	6,23°
	Ecart-type	3,72
	Moyenne de correction	9,32°

Tableau 34 : Résultats de la variation de l'angle de rotation métatarsienne.

La rotation métatarsienne a été corrigée en moyenne de 9,42° à 3 mois et 9,32° à 6 mois.

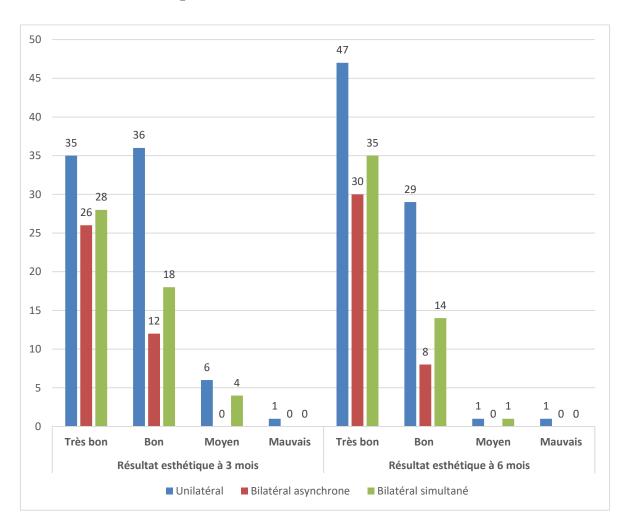


Graphe 41 : Résultats de la variation de l'angle de rotation métatarsienne.

5. Résultats cliniques :

Les résultats cliniques sont appréciés sur la base de critères subjectifs recueillis à l'interrogatoire des opérés et de critères objectifs retrouvés à l'examen clinique.

5.1. Résultats esthétiques :



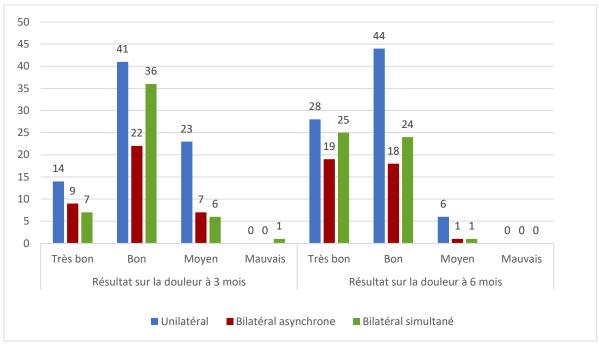
Graphe 42 : Résultats esthétiques à 3 mois et 6 mois.

Le résultat esthétique à 3 mois était très bon sur 89 pieds et mauvais sur un pied ;

Ce résultat est passé au 6^{ème} mois à 112 pieds avec un résultat très bon, contre un seul pied qui a toujours gardé son mauvais résultat.

Il existe la même tendance des résultats en chirurgie unilatérale, bilatérale asynchrone et bilatéral simultanée.

5.2. Résultats sur la douleur :

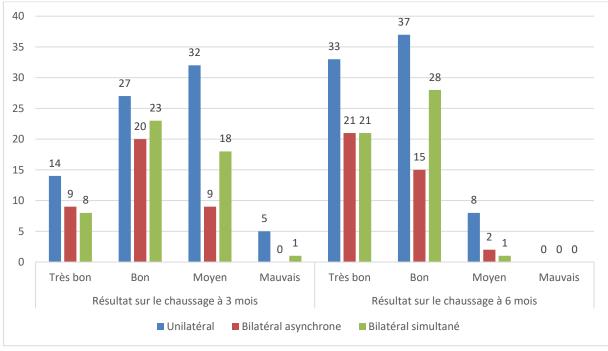


Graphe 43 : Résultats sur la douleur à 3 mois et 6 mois.

Le résultat sur la douleur était jugé très bon sur seulement 30 pieds et bon sur 99 pieds à 3 mois et ce résultat est passé à très bon pour 72 pieds et bon pour 86 pieds à 6 mois.

La douleur est un symptôme vécu par les opérés de la même façon, en chirurgie unilatérale ou bilatérale asynchrone ou encore bilatérale simultanée.

5.3. Résultats sur le chaussage :



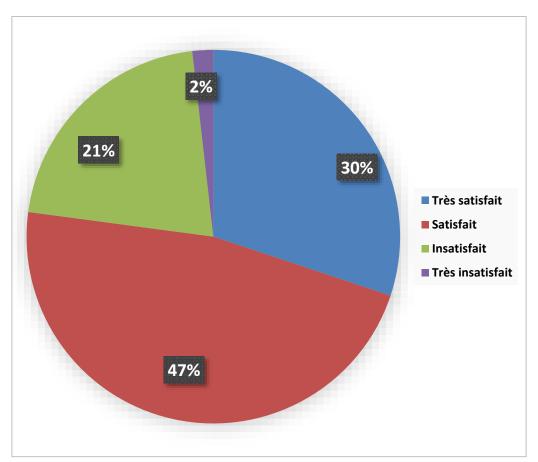
Graphe 44 : Résultats sur le chaussage à 3 mois et 6 mois.

Un résultat très bon et bon sur le chaussage a été obtenu à 6 mois respectivement, chez 75 et 80 pieds totalisant ainsi 155 pieds.

5.4. Indice de satisfaction :

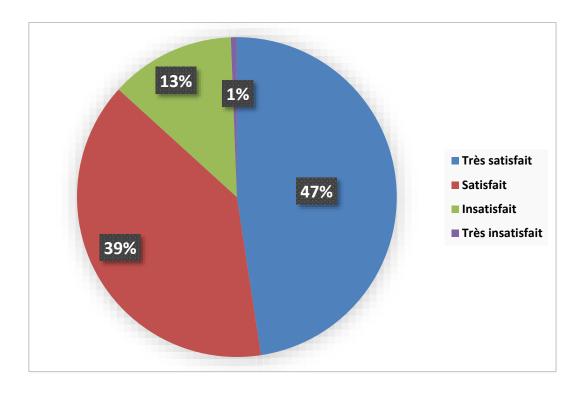
En se basant sur des critères subjectifs, les résultats sont appréciés par le malade lui-même qui peut être : très satisfait, satisfait, insatisfait ou bien très insatisfait.

A 3 mois déjà, nous avons obtenue 77% de satisfaction contre 23% de cas d'insatisfaction.



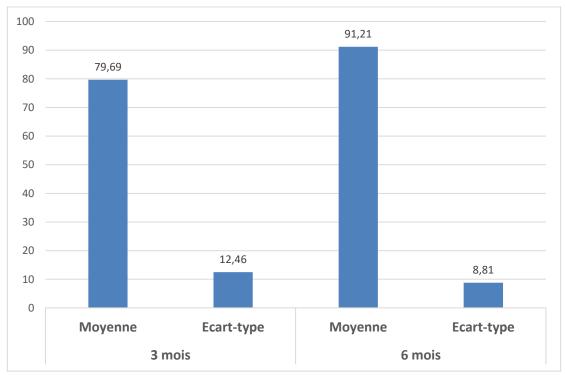
Graphe 45 : Indice de satisfaction à 3 mois.

A 6 mois le taux de satisfaction est passé à 86 % tandis que les cas d'insatisfaction sont à 14%.



Graphe 46 : Indice de satisfaction à 6 mois.

5.5. Résultats selon le score fonctionnel de KITAOKA de l'AOFAS:



Graphe 47: Score fonctionnel KITAOKA à 3 et à 6 mois.

Le score fonctionnel KITAOKA est passé d'une moyenne de 79,69 à 3 mois avec des extrêmes entre 42 et 100 à 91,21 à 6 mois avec des extrêmes entre 70 et 100.

VI. Discussion

1. Données épidémiologiques :

11. Age:

Auteurs	Origine	Origine Années		Effectifs		Extrêmes
			Nombre de malades	Nombre de pieds	Moyen (Années)	(Années)
Freslon [43]	France	2005	87	123	53,5	16- 85
Bajard [44]	France	2007	69	85	57	NP
Berg [45]	Belgique	2007	55	72	52	18-84
Piqué-Vidal [46]	Espagne	2007	350	NP	47,8	7-86
Marques [47]	France	2015	119	125	56,3	19-82
Yahia Cherif [48]	Algérie	2015	85	100	36,27	NP
Boussaidane[49]	Maroc	2017	60	NP	45	19-60
Kandjera [50]	Algérie	2018	62	74	49,51	18-82
Silva [51]	Brésil	2021	56	70	48,61	13-78
Rouveyrol [52]	France	2021	76	96	57	27-78
Bouzidi [53]	Algérie	2022	55	62	36,9	18-65
Mazzotti [54]	Italie	2023	117	NP	60,6	18-86
Mahchouche[55]	Algérie	2023	90	100	47,78	21-83
Notre étude	Algérie	2023	122	166	48	18-78

Tableau 35 : Comparaison de l'âge.

La moyenne d'âge de 48 ans, retrouvée dans notre série est comparable à celles décrites dans les études [46, 50, 51 et 55].

Bien qu'elle soit quelques peu différente de celle des études [43, 44, 47, 52, 53, 54] ; leurs moyennes d'âges respectives se situent dans la fourchette des 40-59 ans, qui est la tranche d'âge la plus représentée de notre échantillon.

Cette tendance est le reflet de deux éléments ; le premier est qu'on opère, que les hallux valgus symptomatiques et le second est que la plus grande majorité des hallux valgus bien qu'ils possèdent une histoire remontant à l'adolescence ; ne deviennent gênants et symptomatiques qu'en post-ménopause ou à partir de 30-40 ans.

Les extrêmes de l'âge de notre série sont également comparables ou se rapprochent de ceux des études [45, 47, 54] et la chirurgie de l'hallux valgus peut s'adresser à des personnes âgées, quand on connait le risque de chute des personnes âgées causées par les troubles de l'équilibre de l'hallux valgus [56]

1.2. Sexe :

Auteurs	Origine	Années	Effectifs (malades)	Hommes (%)	Femmes (%)
Freslon [43]	France	2005	87	4,6	95,4
Bajard [44]	France	2007	69	15,9	84,1
Berg [45]	Belgique	2007	55	10,9	89,1
Piqué-Vidal [46]	Espagne	2007	350	6	94
Marques [47]	France	2015	119	10,1	89,9
Yahia Cherif [48]	Algérie	2015	85	10	90
Boussaidane [49]	Maroc	2017	60	16	84
Kandjera [50]	Algérie	2018	62	24,2	75,8
Silva [51]	Brésil	2021	56	9	91
Rouveyrol [52]	France	2021	76	4	96
Bouzidi [53]	Algérie	2022	55	58	42
Mazzotti [54]	Italie	2023	117	9,4	90,6
Mahchouche [55]	Algérie	2023	90	22,22	77,78
Notre étude	Algérie	2023	122	14	86

Tableau 36 : Comparaison de la répartition selon le sexe.

Les résultats de notre étude concordent avec ceux des différentes séries retrouvées dans la littérature et énumérées dans le tableau ci-dessus [44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55] à l'exception de l'étude de Bouzidi [53] où la prédominance est masculine que l'auteur explique par la population ciblée par l'étude représentée par de jeunes soldats de carrière et opérés dans un hôpital militaire.

1.3. Côté:

Auteurs	Origine	Années	Effectifs	Bilatéral	Unilatéral
			(malades)	(%)	(%)
Piqué-Vidal [46]	Espagne	2007	350	92,2	7,8
Coughlin [57]	USA	2007	103	84	16
Boussaidane [49]	Maroc	2017	60	NP	NP Droit: 77 Gauche: 23
Kandjera [50]	Algérie	2018	62	88,7	11,3
Bouzidi [53]	Algérie	2022	55	88,7	11,3
Mazzotti [54]	Italie	2023	117	76,9	23,1
Notre étude	Algérie	2023	122	83	17 Droit: 11 Gauche: 8

Tableau 37 : Comparaison selon le côté.

Dans notre série l'atteinte bilatérale prédomine nettement à l'instar des données de la littérature [études 46, 49, 50, 53, 54, 57] et confirme bien que l'atteinte est souvent bilatérale, car les facteurs étiologiques incriminés dans la genèse de l'hallux valgus touchent les deux pieds simultanément.

Se pose souvent la question d'opérer les deux côtés quand on sait que même si les causes sont les mêmes, l'évolution n'est pas la même et qu'on opère les deux côtés uniquement si les deux pieds sont symptomatiques.

2. Données cliniques :

2.1. Antécédents familiaux d'hallux valgus :

Auteurs	Origine	Années	Effectifs (malades)	Avec cas d'HV dans la famille (%)	Sans cas d'HV dans la famille (%)
Piqué-Vidal [46]	Espagne	2007	350	90	10
Coughlin [57]	USA	2007	103	83,5	14,6 1,9 : indéterminé**
Boussaidane [49]	Maroc	2017	60	10*	90
Kandjera [50]	Algérie	2018	62	35,5	64,5
Notre étude	Algérie	2023	122	63,1	36,9

^{* :} au premier degrés.

Tableau 38 : Comparaison de la présence d'antécédents familiaux d'HV.

Notre étude est compatible avec les séries de la littérature qui retrouvent une forte proportion de patients présentant des antécédents familiaux d'hallux valgus.

La limite de notre étude est qu'elle ne distingue par le degré du lien familial du malade, avec son parent porteur d'un hallux valgus.

Cette forte proportion de malade présentant des cas d'hallux valgus dans la famille, confirme l'origine génétique, familiale et héréditaire de cette déformation notamment par la présence de variants génétiques sur les chromosomes 11, 13, 17 et leur expression fortement liée au sexe [4] expliquant par la même la prédominance féminine de cette pathologie.

2.2. La présence de comorbidités :

La recherche des comorbidités est un paramètre très peu exprimé dans les différentes séries. Il représente dans notre étude 38,5% des malades et ce taux est proche de celui retrouvé dans la série de Kandjera avec 35,5% des malades avec des comorbidités [50].

^{** :} deux patients adoptés ne connaissant pas leurs origines.

Pourtant la recherche des comorbidités est d'un grand intérêt pour déterminer des contreindications locales ou générales, formelles ou relatives à la chirurgie de l'hallux valgus tels que :

- Le tabagisme chronique, qui ne représente pas pour nous une contre-indication à la chirurgie bien qu'on suggère au malade d'arrêter le tabac en péri-opératoire (un malade).
- Les artériopathies oblitérantes des membres inférieurs, qui peuvent être à l'origine de nécrose cutanée.
- Certaines maladies neuro-dégénératives et certaines maladies rhumatismales évoluées qui même si la chirurgie est retenue, le choix sera plus porté sur des gestes radicaux (arthrodèse).
- Les infections locales notamment fongiques (intertrigo et onychomycose) qui représentent pour nous une contre-indication temporaire pour l'intertrigo où les pieds ont été opérés après 10 à 15 jours de traitement antifongique local.

A l'inverse l'onychomycose qu'elle soit traitée ou non, ne représente pas pour nous une contre-indication. Huit (8) malades ont été opéré sans complications ou infection locale en postopératoire.

Deux pathologies associées sont fortement représentées dans notre étude ; la pathologie thyroïdienne (goitre) et les varices des membres inférieurs. Cela s'explique par la forte prévalence de l'hallux valgus chez les femmes et en post-ménopause et que ces deux pathologies sont plus fréquentes dans cette population.

Aucune comorbidité recensée n'a constitué une contre-indication à l'anesthésie notamment deux malades avec des antécédents de maladies thrombo-emboliques, sous anti-vitamine K, pour lesquels une substitution par héparine de bas poids moléculaire à dose curative a été réalisée en ambulatoire et les malades opérés après normalisation du bilan d'hémostase, puis reprise du traitement anticoagulant oral en post-opératoire. Aucune complication n'a été constatée chez ces deux malades sachant qu'une malade a été opérée en procédure bilatérale simultanée.

D'ailleurs de l'avis de l'équipe d'anesthésie-réanimation en exercice au service, la chirurgie bilatérale simultanée est à encourager chez ces malades car elle ne potentialise pas le risque anesthésique ou thrombogène et évite de devoir répéter une préparation à l'acte chirurgical et anesthésique. Tout ceci bien sûr est réalisé en accord avec le malade.

2.3. Motifs de consultation :

La comparaison des signes motivant la consultation du malade est un paramètre très peu retrouvé dans la littérature.

Parmi ces signes, la douleur et la gêne au chaussage représentent les motifs de consultation les plus fréquents de notre échantillon portant sur 166 pieds.

Dans le cas d'hallux valgus bilatéral, les symptômes retrouvés dans un pied ne sont pas forcément retrouvés dans l'autre et de même que leur intensité; ceci est bien confirmé dans l'échantillon de malades avec hallux valgus bilatéral opérés d'un côté mais asymptomatiques du côté controlatéral, qui représente 35,6% des hallux valgus bilatéraux.

La douleur est quasi constante sur les 166 pieds de notre étude qu'elle soit superficielle, profonde articulaire au niveau de la MTP1 ou bien névralgique en rapport avec le conflit entre la chaussure et le nerf collatéral médial.

Cette tendance est retrouvée dans d'autres études :

Auteurs	Origine	Années	Effectifs	Douleur
			(pieds)	(%)
Freslon [43]	France	2005	123	100
Yahia Cherif [48]	Algérie	2015	100	96
Boussaidane [49]	Maroc	2017	60	87
Kandjera [50]	Algérie	2018	74	100
Mahchouche [55]	Algérie	2023	100	100
Notre étude	Algérie	2023	166	100

Tableau 39 : Comparaison de la douleur dans différentes études.

La présence quasi constante des douleurs s'explique par :

- La douleur est la première manifestation clinique de l'hallux valgus lorsque celui-ci devient symptomatique.
- Toutes les séries retrouvées ne traitent que des hallux valgus symptomatiques.

La gêne au chaussage avec tendance au changement du mode et du type de chaussage est présente chez 92,7% de nos malades. C'est une doléance qui exprimée certes par la quasitotalité des malades de sexe féminin ; on la retrouve moins chez les malades de sexe masculin et cela est en rapport avec le type de chaussure masculin plus large en avant. Yahia Cherif [48]

retrouve cette plainte chez 97% des malades de même que Kandjera [50] chez 100% des malades de sa série et Mahchouche [55] chez 96% chez des malades de sa série.

La gêne esthétique est retrouvée dans 86,7% de notre série, dans 98% dans la série de Yahia Cherif [48] et 84% de celle de Boussaidane [49]. Son expression est certes plus importante et plus facile chez les malades de sexe féminin ; elle est présente et réelle chez de nombreux malades de sexe masculin même si certains expriment de prime abord une négation de ce symptôme.

Encore faut-il rappeler que ce symptôme ne constitue pas à lui seul un motif pour opérer un hallux valgus.

La gêne fonctionnelle à type de douleurs gênant l'activité physique et/ou professionnelle est un motif de consultation très largement retrouvé dans notre série, comme dans la série de Mahchouche [55] avec 88%. Ces douleurs peuvent monter chez certains patients au-dessus des chevilles.

Enfin, les métatarsalgies qui signent le retentissement sur les rayons latéraux est retrouvé dans 39,7% et cette fréquence est comparable à la proportion des hallux valgus modérés et sévères de notre étude. La proportion de ce symptôme dans notre étude est proche de celle de Yahia Cherif [48] mais elle est largement inférieure à ce qui a été publié par Freslon [43] dans sa série avec 94% de malades présentant des métatarsalgies et Mahchouche [55] avec 63%.

2.4. Morphotype du pied:

Auteurs	Origine	Années	Effectifs		Pied	Pied	Pied
			Nombre de malades	Nombre de pieds	Egyptien (%)	carré (%)	Grec (%)
Bajard [44]	France	2007	69	85	64,6	30,4	5
Yahia Cherif [48]	Algérie	2015	85	100	66	27	7
Boussaidane [49]	Maroc	2017	60	NP	71	16	13
Kandjera [50]	Algérie	2018	62	74	35,1	44,6	20,3
Bouzidi [53]	Algérie	2022	55	62	56,4	4,9	38,7
Notre étude	Algérie	2023	122	166	79	5	16

Tableau 40 : Comparaison selon le morphotype du pied.

La plus grande fréquence du pied Egyptien dans notre série est retrouvée dans pratiquement toutes les études de la littérature.

Dans tous les cas, aucun type de pied n'est épargné par l'hallux valgus, ce dernier ayant une origine multifactorielle. Il n'en demeure pas moins que le pied égyptien, en augmentant le bras de levier de la force valgisante, est non seulement une cause d'hallux valgus mais également un facteur de récidive.

2.5. Caractéristiques cliniques de l'hallux valgus :

Bien qu'elles soient peu étudiées, les caractéristiques cliniques objectives de l'hallux valgus sont très importantes à considérer, car elles guident l'acte opératoire et font partie intégrante de la planification préopératoire.

Ainsi dans notre série on retrouve :

- La forte représentation des hallux valgus partiellement réductibles et irréductibles qui s'explique par l'âge auquel les malades consultent ; en post-ménopause où l'hallux valgus a déjà une longue histoire d'évolution.
 - Cette tendance n'est pas retrouvée dans la série de Yahia Cherif où l'hallux valgus réductible est majoritaire avec 88%.
 - Sur le plan thérapeutique, il est admis que les hallux valgus irréductibles voir dans certains cas les hallux valgus partiellement réductibles échappent à toute correction par action sur les parties molles et indiquent par voie logique des ostéotomies.
- La pronation de l'hallux, conséquence inéluctable de la perturbation de la balance musculaire du premier rayon avec désaxation de l'adducteur de l'hallux et latéralisation du long fléchisseur de l'hallux est très présente dans notre échantillon chez 66,2% des pieds.
 - Ce signe qui est également le reflet de l'évolution, de l'ancienneté de l'hallux valgus et sa forte présence dans notre série est compatible avec l'âge de la majorité des malades entre 40-59 ans où la déformation est déjà très évoluée.
 - Le diagnostic de la pronation est d'abord clinique par l'inspection avec recherche de son cortège de signes accompagnateurs, à savoir les hyperkératoses à la face inféromédiale de l'hallux, la corde à arc du tendon extenseur bien visible.
 - Cette pronation bien qu'elle est attribuée à l'hallux, vient en fait d'une rotation de la tête de M1, bien mesurée radiologiquement sur l'incidence de GUNTZ. Par voie de conséquence logique une pronation et donc une rotation de la tête de M1, ne peut être corrigée parfaitement que par une ostéotomie, puisque les interventions sur les parties molles n'agissent que très peu sur la rotation et que la correction qu'elles apportent n'est que temporaires.

Le calcul exact de la pronation sur l'incidence de GUNTZ a pour but de guider et doser les gestes de rotation de la tête de M1 en supination et fait partie intégrante de la planification préopératoire.

- La raideur de la MTP1est présente également à une forte proportion (62% des malades) et signe que la déformation évolue depuis plusieurs années.
 Sa recherche clinique avec mesures angulaires des amplitudes articulaires au goniomètre en flexion plantaire et flexion dorsale est très importante pour la planification préopératoire clinique et surtout radiologique. En effet couplée à la mesure radiologique de la longueur de M1, on indiquera en cas de raideur soit un raccourcissement de M1 seul ou associé à des ostéotomies de Weil des rayons latéraux.
- Les signes de surcharge sont le reflet d'un conflit avec la chaussure comme c'est le cas pour la bursite ou bien des troubles de l'appui au sol pour les hyperkératoses, les durillons et les cors. D'ailleurs, le rétablissement de l'harmonie des arches du pied et des appuis au sol est un impératif de toute chirurgie de l'avant-pied.
- Les signes de retentissement (supraductus, infraductus et griffes d'orteils) qui accompagnent souvent des hallux valgus évoluant depuis plusieurs années peuvent être au premier plan de la plainte du malade. Leur diagnostic et leur évaluation (réductibilité, importance.....) permet d'indiquer des corrections sur les rayons latéraux.
- Enfin la rétraction des gastrocnémiens recherchée par le signe de SILFVERSKIOLD, n'est pas présente chez tous les malades de notre étude. Sa présence aurait pu indiquer des gestes complémentaires de libération au niveau poplité, qui selon BAROUK influencent positivement le résultat fonctionnel sur les crampes aux mollets et sur les métatarsalgies.

3. Données radiologiques préopératoires :

3.1. Bilan radiologique demandé:

L'intérêt d'un bilan radiologique répondant aux exigences de qualité technique et de lecture est indispensable.

Cette qualité est optimisée par certains principes :

• Les bilans radiologiques doivent être complets (bien que certains auteurs préconisent de se passer de l'incidence de Guntz) car certaines anomalies sont visualisées sur une incidence et non visibles ou bien minimisées sur d'autres incidences.

L'exemple le plus frappant est la subluxation ou luxation du sésamoïde latéral qui peut se réduire totalement ou partiellement en flexion dorsale des orteils de l'incidence de GUNTZ.

Nous insistons pour avoir des radiographies avec un agrandissement de 100% pour la bonne mesure en vue d'une harmonisation des courbes du pied.

- La lecture radiologique effectuée par un seul radiologue et toujours corrigée et rectifiée en manuel par le chirurgien a pour but de réduire les marges d'erreurs inter-observateurs estimées à 2 à 6° et 1 à 2 mm [21].
- Les différences constatées sont souvent minimes et dans tous les cas la planification radiologique, se base sur les mesures faites par le chirurgien opérateur.

3.2. Articulations MTP1 et IP en préopératoire :

Les articulations MTP1 et IP sont en majorité normales ou pincées dans notre échantillon, hormis une proportion réduite d'arthrose, qui s'explique par la qualité de l'étude qui a exclue les HV avec arthrose importante, qui relèvent plutôt d'autres techniques opératoires.

3.3. Position des sésamoïdes en préopératoire :

Les sésamoïdes et leur positions ont été évalué sur les radiographies de face quand on connait le potentiel de correction et de réduction lors de l'incidence de GUNTZ.

Dans notre échantillon, les sésamoïdes sont soit subluxés ou luxés mais jamais en position normale y compris dans la proportion des HV légers.

Là encore, la qualité de la radiographie de face en charge est importante à considérer dans cette analyse.

3.4. Les mesures angulaires préopératoires :

Auteurs	Origine	Année	Effectifs (pieds)	HVA	IMA	IPA	M1- M5	DMAA	DM2AA
Crevoisier [58]	Suisse	2001	84	32°	16°	NP	33°	13°	NP
Freslon [43]	France	2005	123	31,2°	12,1°	NP	28,1°	13,3°	NP
Marques [47]	France	2015	125	27,4° 28,3°	14,5° 12°	NP	NP	10° 9,6°	NP
Yahia Cherif [48]	Algérie	2015	100	31,16°	19,06°	NP	31,82°	10,49°	NP
Boussaidane[49]	Maroc	2017	60	44,07°	17,63°	9,23°	NP	25,96°	NP
Kandjera [50]	Algérie	2018	74	33,92°	17,91°	2,43°	31,92°	9,31°	NP
Bellaaj [59]	Tunisie	2018	30	34,17°	15,13°	8,43°	33°	13°	NP
Bolzinger [60]	France	2021	42	29°	12°	NP	NP	21°	9°
Mazzotti [54]	Italie	2023	144	40,6°	15,1°	NP	NP	NP	NP
Notre étude	Algérie	2023	166	33,59°	17,17°	8,84°	32,7°	21,29°	8,93°

NP: valeur non précisé dans l'étude

Tableau 41 : Comparaison des mesures angulaires préopératoires.

Bien que les paramètres étudiés dans notre échantillon soient plus nombreux, que ceux de la littérature, nous remarquons des similitudes avec les autres études concernant leurs paramètres respectifs.

Dans les études [43, 47, 48, 58, 59], la moyenne du DMAA est bien que supérieure à la normale n'est pas très élevée, alors que dans notre série, le DMAA est très élevé avec sa moyenne de 21,29° dénote de la fréquence des HV congénitaux, puisque c'est bien établi que ce paramètre est très augmenté de cette catégorie d'HV.

On pourrait également imputer cette augmentation à la fréquence de la pronation dans notre série. En effet, il est clairement établi que la mesure radiologique de DMAA est augmentée par la pronation et qu'une pronation de 30° augmente le DMAA de 8° [33].

On peut conclure que la mesure préopératoire du DMAA ne donne qu'une indication mais l'évaluation peropératoire visuelle ou à fortiori radiologique est indispensable pour obtenir une correction précise.

La moyenne des HVA et de l'IMA de notre série est comparable à celle des autres séries [48, 50, 58,59] et elle est aussi compatible avec la fréquence des HV modérés de notre étude.

Ces compatibilités dans les paramètres radiologiques donneront plus de valeurs à nos résultats postopératoires en comparaison à ces mêmes études.

Les autres paramètres et mesures angulaires réalisés dans notre étude ne pourront pas être comparés à d'autres résultats, puisque nous n'avons pas trouvé de séries traitant du sujet ; elles feront donc l'objet d'une analyse et d'une interprétation.

Mesure	Moyenne	Ecart-type
Angle de DJIAN-ANNONIER	127,13°	6,80
Angle cunéo-métatarsien (ACM)	5,01°	4,72
Angle d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme (AISADC)	6,24°	3,98
Angle d'inclinaison de la base de M1 (AIBM1)	4,68°	4,42
Angle de rotation des sésamoïdes (ASR)	20,58°	13,17
Angle de rotation de M1 (AMR)	15,55°	8,80

Tableau 42 : Moyenne des mesures angulaires préopératoires des paramètres radiologiques secondaires.

L'angle de DJIAN-ANNONIER présente d'abord deux difficultés de mesure ; la première réside dans la qualité de réalisation du cliché de profil strict et la seconde est que le sésamoïde médial dont le bord inférieur représente le repère distal de la mesure, n'est pas toujours facile à repérer, lorsque les sésamoïdes sont subluxés ou encore luxés.

L'angle cunéo-métatarsien est impliqué dans la genèse du métatarsus varus et l'instabilité de cette articulation est considérée à la fois comme cause et conséquence de l'hallux valgus [26].

Les angles d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme et de la base de M1 sont corrélés à celui de l'angle cunéo-métatarsien.

Les angles de rotation sésamoïdienne et métatarsienne sont mesurés sur l'incidence de GUNTZ et la moyenne obtenue dans notre étude est compatible avec la fréquence de la pronation de l'hallux retrouvée initialement à l'examen clinique.

3.5. Classification de Coughlin:

Auteurs	Origine	Années	Effectifs		HV léger	HV modéré	HV sévère
			Nombre de malades	Nombre de pieds	(%)	(%)	(%)
Kandjera [50]	Algérie	2018	62	74	10,8	56,80	32,40
Bouzidi [53]	Algérie	2022	55	62	6,4	77,4	16,2
Notre étude	Algérie	2023	122	166	13	57	30

Tableau 43 : Comparaison de la répartition selon la classification de Coughlin.

A l'instar des autres études [50,53], on retrouve dans notre série une forte proportion des HV modérés, en parfaite adéquation avec nos mesures moyennes de l'HVA et l'IMA préopératoires qui sont dans cette fourchette.

La proportion des HV sévère (30%) s'explique par l'évolution et l'histoire naturelle de l'HV, quand on sait que son début se fait à l'adolescence et que la majorité des HV deviennent symptomatiques en post ménopause déjà au stade de retentissement.

4. Planification préopératoire :

Une planification préopératoire établie sur certains éléments cliniques qui sont la recherche des signes de retentissement et la réalisation de mesures radiologiques avec pour principe de base que chaque perturbation appelle une correction offrant ainsi une chirurgie à la carte codifiée et plus précise.

Ceci doit bien entendu, prendre en considération que certaines mesures angulaires sont diminuées sur les radiographies par la présence d'autres déformations.

Il est difficile de réaliser une évaluation en deux dimensions d'une déformation tridimensionnelle.

- La translation latérale et l'accourcissement réalisés sur tous les cas est bien entendu compatible avec la technique opératoire.
- Alors que certain déplacements (élévation, rotation latérale et allongement) non réalisés sont en contradiction avec le principe même d'un traitement de l'HV.
- L'accourcissement doit être bien mesuré et doit être indiqué à chaque fois qu'il y a arthrose ou raideur articulaire.

- La rotation en supination est indiquée à chaque fois qu'il y a pronation à l'examen clinique et dont la mesure exacte se fait sur l'incidence de GUNTZ.
- La rotation médiale de la surface articulaire distale de M1 également largement représentée dans nos gestes de correction est le reflet de la valeur moyenne de DMAA, elle-même en rapport sans doute avec la fréquence des HV congénitaux dans notre série.

Reste à déterminer les gestes associés :

- Les ostéotomies de WEIL ont été indiquées à chaque fois qu'il y a subluxation ou luxation des métatarso-phalangiènnes des rayons latéraux ou bien un HV sur M1 court et d'avantage raccourci par l'ostéotomie SCARF ce qui perturbe la courbe de MAESTRO.
- Les ostéotomies de varisation de P1 ont été indiquées initialement à chaque fois qu'il y a un angle IP>10°. Néanmoins, nous avons constaté en peropératoire la correction de beaucoup d'angles IP par la réaxation de la MTP1. Ceci nous a amené à conclure que l'angle IP est anormalement élevé par la pronation de l'hallux et que finalement il faut toujours se préparer à faire l'ostéotomie de varisation de la P1 et de décider de sa réalisation en peropératoire.

5. Procédure chirurgicale :

5.1. Anesthésie:

La chirurgie de l'HV se pratique sous anesthésie générale, sous rachis anesthésie ou sous bloc pléxique.

Le choix revient au médecin anesthésiste, en fonction du bilan d'opérabilité et des désirs exprimés par le patient.

Dans tous les cas, ces 3 techniques offrent au malade et au chirurgien le confort nécessaire pour la réalisation de l'acte opératoire y compris en chirurgie bilatérale simultanée.

5.2. Installation:

Le décubitus dorsal sur table ordinaire avec pied(s) en bout de table et garrot(s) aux chevilles est notre standard, bien qu'un garrot au mollet ou au-dessus du genou soit possible.

Avec la première procédure, nous avons moins de douleurs postopératoires.

Nous utilisons ici un garrot étroit dédié au membre supérieur.

La mise en place du garrot au-dessus des chevilles est adoptée par de nombreux chirurgiens du pied pour ses avantages et son confort pour le malade.

5.3. La libération latérale :

Nous n'avons pas trouvé d'études, portant sur l'étendue de la libération latérale qui nous permettent de comparer avec elles notre étude. Nous nous contenterons d'une analyse sans comparaison.

Toutes les procédures chirurgicales ont bénéficié d'une libération latérale par voie dorsolatérale qui est la voie la plus utilisée.

La libération bien qu'elle peut être faite par voie médiale et supérieure comme le préconise MAESTRO et VALETIN, ou par voie médiale et inférieur comme le suggère DIEBOLD; notre préférence va vers la voie dorso-latérale inter métatarsienne pour ces nombreux avantages:

- Meilleure exposition.
- Absence de décollements, qui pourraient compromettre la vascularisation céphalique et entrainer les troubles de la cicatrisation.
- Possibilité d'accès au deuxième rayon si un geste devient nécessaire.
- Possibilité et accès pour réparation du ligament métatarso-phalangien latéral en cas de libération excessive.

Le recours aux libérations excessives n'a jamais été réalisé dans notre série et nous semble inutile (Arthrotomie large) au vue de nos résultats radiologiques concernant les mesures angulaires, il faut toujours laisser persister une légère tension [3].

La persistance de certaines imperfections de position du sésamoïde latéral dans notre série nous fait discuter la non réalisation de la section du ligament inter métatarsien pourtant recommandée dans le cas où le sésamoïde latéral est proche de M2.

Certains auteurs remettent en cause cette libération latérale, notamment en chirurgie percutanée et donc par voie logique pour des hallux valgus légers à modérés ; nous recommandons de la réaliser systématiquement y compris pour les HV légers et réductibles. Son principe qui est de recentrer l'appareil extenseur n'est fiable que par sa réalisation, de même que la libération des sésamoïdes ou plutôt leur libération pour qu'ils laissent la tête de M1 reprendre sa position n'est obtenu que par cette arthrolyse latérale.

5.4. Abord de M1:

La voie d'abord médiale offre une très bonne exposition pour réaliser à la fois l'exostosectomie et l'ostéotomie de M1.

Nous avons réalisé comme le recommande tous les auteurs des voies médiales assez longues puisque nous n'avons en aucun cas indiqué un SCARF court.

Le respect des principes de prudence pour préserver la vascularisation céphalique est de mise.

5.5. Exostosectomie:

Tous les cas ont bénéficié d'une exostosectomie plus ou moins large et plus ou moins étendue en dorsale.

Bien que la recoupe dorsale finale peut emporter l'exostose et l'excédent d'os, on préconise de toujours la pratiquer avant l'ostéotomie SCARF, comme le recommande la majorité des auteurs, pour plusieurs raisons :

- Elle permet une meilleure appréciation des repères distaux de l'ostéotomie notamment le centre de la tête de M1.
- Elle permet un meilleur appui à la scie oscillante pour amorcer le trait d'ostéotomie.

Nous recommandons par la même de réaliser un émondage des tranches de section cartilagineuse avec prudence pour ne pas entrainer des lésions, cela donne à notre avis un meilleur aspect clinique, radiologique et rétabli un arrondi parfait de la tête de M1.

5.6. Ostéotomie :

L'ostéotomie réalisée à chaque fois a obéit au principe de départ de la planification préopératoire et en fonction des constatations peropératoires qui sont :

- L'aspect et l'orientation de la surface articulaire distale de M1.
- La mobilité de l'articulation MTP1.
- Le recentrage de l'appareil extenseur.
- Les tests de réduction peropératoires.

Ainsi nous avons dû réaliser soit des gestes en plus ou en moins par rapport à ce qui a été planifié, sans pouvoir comparer leurs proportions par rapport à d'autres études.

La compatibilité quasi complète pour tous les déplacements à 81% prouve l'efficacité et l'intérêt de la planification. Sachant que la majorité des incompatibilités concernent les gestes associés (18 incompatibilités sur 32) soit 56,2% des incompatibilités et que les 2 cas d'élévation sont des déplacements iatrogènes secondaires à des effets tuiles.

A partir de là, nous pouvons conclure que la planification joue un rôle primordial dans le sucées de l'acte opératoire, ceci confirme la tendance que le SCARF est une chirurgie à la carte. Donc plus qu'une simple analyse, la métrologie dans l'HV se doit de guider et doser les gestes opératoires.

Dans la majorité des cas, les incompatibilités concernent un geste en moins ou en plus et dans 2 cas seulement sur 166, l'incompatibilité de la planification a concerné 2 gestes en moins.

Concernant les incompatibilités liées aux gestes associés, elles concernent surtout l'ostéotomie de varisation de P1, qui a été indiqué pour de larges corrections au vue des mesures des IPA, mais en peropératoire une fois la pronation de l'hallux réduite, nous avons constaté la réaxation de l'IP. Cette réaxation est due au fait que la pronation augmente et altère la mesure de l'IPA qui peut apparaître même en varus alors que c'est de la flexion de l'articulation.

Donc concernant l'ostéotomie de varisation de P1, il faut certes la prévoir chez tous les cas et la réalisation décidée en peropératoire.

5.7. Mode de fixation :

Etude	Pays	Année	Effectif (pieds)		Fixation				
				02 vis	01 vis	03 vis	Autostable	Ostéosuture	Mixte
Kandjera [50]	Algérie	2018	74	55,4	NF	NF	NF	NF	44,6
Notre étude	Algérie	2023	166	57,2	21,1	0,6	17,5	0,6	3

NF: non fait

Tableau 44: Comparaison du mode de fixation.

La fixation classique par 2 vis de type Herbert était le standard de notre série au début, représentant ainsi la plus grande proportion de la fixation avec 57,2%. Ce pourcentage est comparable à celui de l'étude [50]

Le SCARF fixé par une vis et surtout le SCARF autostable s'est installé progressivement dans notre pratique avec la courbe d'apprentissage qui nous a permis, d'ailleurs, d'employer le SCARF autostable dans l'hallux valgus sévère dans 6 cas.

On considère que le SCARF autostable dépend plus de la qualité des coupes osseuses et de la largeur du premier métatarsien que de la sévérité de l'hallux valgus. Autre élément, les ostéotomies à forte composante rotatoire où le maintien du contact entre les fragments osseux et la réduction peuvent être difficiles l'emploi des vis est quasi indispensable.

L'ostéosuture bien que rudimentaire nous a offert dans notre série (1 fois une ostéosuture seule et 5 fois ostéosuture plus 1 vis) une solution pour faire face au problème de la mauvaise tenue des vis ou de fractures peropératoires comme cela a été le cas pour 5 pieds dans notre série et avec des résultats similaires en terme de consolidation. Ainsi on conclue que l'ostéosuture avec ses nombreux avantages est une technique de fixation sure, fiable, peu couteuse et surtout qui reste la seule méthode face aux incidents de fixation ou fracture peropératoire.

5.8. Temps opératoire :

Etude	Pays	Année	Effectif	Intervalle de temps le plus fréquent	Temps moyen (minutes)
Bouzidi [53]	Algérie	2022	31	NP	65,2
Notre étude	Algérie	2023	166	20-30 mn : 31,3% 31-40 mn : 34,9%	42,26

Tableau 45 : Comparaison du temps opératoire.

La moyenne du temps opératoire de notre étude est inférieure à celle de l'étude [53] et cela pourrait s'expliquer par l'utilisation d'un ancillaire de vissage qui facilite la mise en place des vis et une proportion conséquente d'hallux valgus fixés par une vis (21%) et autostables (17,5%) qui réduisent nettement le temps opératoire.

Un gain de temps opératoire a été également obtenu en chirurgie bilatérale simultanée, par le rajout d'un deuxième aide opératoire qui procèdera à la fermeture cutanée en surjet intradermique tandis que l'opérateur et un aide entament la libération latérale du pied controlatéral.

5.9. Suivi postopératoire précoce :

Nous avons opté pour tous nos malades y compris ceux âgés et/ou porteurs de tares associées de se limiter à une antibioprophylaxie peropératoire prolongée de 24H et pour certains malades de 48H.

Aucune antibiothérapie n'est prescrite à la sortie contrairement aux habitudes de pratique quotidienne qui poussent les chirurgiens à la prescrire pendant 10 jours. Ceci a réduit le coût de l'ordonnance de sortie pour le malade.

Les pansements n'ont été changés à J1 - J2 que lorsqu'ils sont souillés de sang. Dans le cas contraire, le pansement du bloc opératoire est gardé jusqu'au $15^{\text{ème}}$ jour où on procède à la fois à son ablation et à l'ablation des fils. Cela a réduit le coût des soins postopératoires, épargné au malade les dérangements des changements de pansements tout en ayant une évolution optimale, puisque la cicatrisation s'est faite dans les temps et aucune infection n'a été signalée.

La cryothérapie 20 minutes, 2 à 3 fois par jour comme la recommande BAROUK [3] s'est également installée dans nos habitudes.

Les HBPM pendant 15 jours ont été prescrits comme le recommande plusieurs études [61].

Nos malades ont pour la plupart réalisé leur rééducation fonctionnelle eux-mêmes aboutissant au final à des scores fonctionnels bons ou très bons. Mais nous pensons que certains malades nécessitent un accompagnement ou à défaut une initiation à la rééducation par un professionnel (kinésithérapeute ou rééducateur fonctionnel).

La reprise de l'appui immédiat sur chaussure de BAROUK est compatible avec les recommandations de la majorité des auteurs. Par contre, la reprise de l'appui plantigrade non protégé a été très précoce en moyenne à 15 jours et pour certains malades à 7-10 jours, y compris pour les procédures chirurgicales bilatérales simultanées autostables et cela sans aucun cas de déplacement secondaire, de cal vicieux, de retard de consolidation ou de pseudarthrose.

Nous pensons que la stabilité primaire du SCARF, complétée d'une fermeture du manchon capsulo-périosté médial offrent une stabilité sûre pour un appui plantigrade précoce.

5.10. Incidents peropératoires :

Les incidents et complications peropératoires répertoriés dans notre série restent minimes et sont toujours dus à une imperfection dans l'exécution d'un geste opératoire, soit de coupe osseuse ou de vissage.

Ainsi, on conclut que plus on réalisera de gestes plus on aura des incidents opératoires. On peut dire alors, qu'à stabilité égale un SCARF autostable aura moins d'incidents qu'un SCARF vissé.

6. Complications:

Auteurs	Effec	tifs	Complications
	Nombre de malades	Nombre de pieds	
Agoumi [67] Maroc 2005	45	58	2 infections 2 AND 1 ONTM1 1 Hyperesthésie
Bajard [44] France 2007	69	85	Hématome : 7,6% 1 cas de sepsis AND : 8,8% Raideur : 16,5% PSD : 7,6%
Boussaidane [49] Maroc 2017	60	NP	Sepsis: 4 cas: 7% AND: 2 cas: 3,3% Raideur: 2 cas: 3,3% PSD: 2 cas: 3,3% 1 cas d'ONTM1
Kandjera [50] Algérie 2018	62	74	2 sepsis 1 cicatrice chéloïde 1 raideur.
Rouveyrol [52] France 2021	76	96	1 paresthésie 1 sepsis 3 AND 1 récidive.
Notre étude Algérie 2023	122	166	1 anesthésie dorsale de l'hallux 4 cals vicieux 9 hypocorrections (dont une seule avec retentissement) 3 cicatrices chéloïdes 12 raideurs

Tableau 46 : Comparaison des complications postopératoires.

6.1. Complications liées à l'anesthésie :

La rachis anesthésie a été la seule technique d'anesthésie pratiquée sur tous les malades et aucun cas d'échec ou de conversion n'a été rapporté.

Cependant nous avons eu un cas de céphalées intenses en post-opératoire, très mal vécues par la malade et ayant nécessité une consultation d'urgence en neurologie le 2^{ème} jour après la sortie de l'hôpital.

Aucune conséquence grave n'est apparue et aucune étiologie évidente n'a été trouvée.

6.2. Complications locales :

• Raideur:

C'est une complication redoutée dans l'hallux valgus qu'on essaye de prévenir par la mobilisation post-opératoire quasi immédiate en flexion-extension de la MTP1.

Elle est estimée à 7,2% dans notre série bien inférieure de celle de Bajar avec 16,5% [44]. Cette raideur est heureusement sans conséquences fonctionnelles puisqu'elle atteint les 42° de flexion dorsale; amplitude reconnue comme la limite suffisante pour une marche normale.

• Exostosectomie généreuse :

Nous avons recensé 4 cas d'exostosectomie généreuse, dont un avec hypercorrection et 3 autres sans conséquences cliniques ou fonctionnelles.

La réalisation de l'exostosectomie doit répondre à des exigences absolues au risque d'entrainer des hallux varus.

Nous n'avons pas pu comparer le pourcentage de cette complication de 2,4% à d'autres études.

• Complications ostéo-articulaires :

Nous avons recensé dans notre étude 2,4% de complications osseuses et/ou articulaires, comme l'aggravation de l'arthrose, 4 cas de cal vicieux par effet tuile ou télescopage postopératoire à la reprise de l'appui (2,4%), 2 perturbations de la courbe de Maestro suite à des ostéotomies de WEIL. Par contre nous n'avons eu aucun retard ou défaut de consolidation bien mieux que la série de Bajard [44]; avec ces 7,6% de défaut de consolidation.

Les retards voir les défauts de consolidation sont nettement diminués par les coupes osseuses bien exécutées avec une microscie et impaction des fragments osseux.

L'emploi de l'ostéosynthèse n'a pas prouvé sa supériorité dans notre étude vu qu'aucun cas de pseudarthrose n'est recensé et ce en dépit du mode de fixation.

La reprise immédiate de l'appui sur chaussure de BAROUK et plantigrade à J15, n'a pas eu une mauvaise influence sur la consolidation.

• Complications nerveuses :

Elles ne sont pas rares et heureusement sans trop de conséquences.

Les paresthésies, hypoesthésies voir anesthésies de l'hallux qui peuvent être temporaires ou définitives comme ça été le cas pour un malade.

Un névrome sur la cicatrice dorso-latérale a justifié une reprise chirurgicale.

• Troubles de la cicatrisation :

Ils entrainent souvent une déception du malade sur le plan esthétique comme c'est le cas dans notre étude pour deux malades.

Le procédé de suture par surjet intradermique que nous avons adopté, vise à minimiser cette complication.

• Hypercorrection:

Nous avons recensé dans notre étude 13 hallux varus dont 5 avec un angle HVA entre 0° et 5° et aucun hallux varus symptomatique avec un angle HVA<0°.

Cela représente 7,8% des cas, ce qui est compatible avec les données de la littérature.

• Hématome :

5 malades ont présenté des hématomes en post-opératoire avec pansement souillé de sang ayant été évacué par simple pansement à J1 post-opératoire.

Ce faible taux d'hématome nous conforte dans notre conduite à nous passer de drainage, de bien fermer la capsule et le manchon capsulo-aponévrotique médial afin qu'il exerce un effet compressif hémostatique sur l'os.

• Infection:

Aucune infection n'a été recensée dans notre série qu'elle soit profonde ou superficielle, ceci est sans doute lié en partie à notre préparation locale avant l'intervention qui consiste en :

- Une douche complète.
- Ongles taillés
- Vernis à ongle proscrit
- Préparation du ou des pied(s) à la Bétadine moussante avant l'admission au bloc opératoire.

L'usage des antibiotiques a été effectué en antibioprophylaxie de 24 heures débuté au bloc opératoire y compris pour les malades ayant nécessité des gestes sur les rayons latéraux et aucune antibiothérapie n'a été prescrite à la sortie des malades.

• Algoneurodystrophie:

Nous avons recensé 3 cas ayant régressé complètement entre 3 et 6 mois, soit 1,8%.

• Récidive :

C'est une complication décrite dans 3 à 7% des cas dans la littérature. Dans notre étude, sur les 166 pieds opérés et après un recul moyen de 14,7 mois avec des extrêmes de 6 à 30 mois et sur 67 pieds le recul dépasse 20 mois, aucune récidive n'est constatée.

Nous avons répertorié 9 hypocorrections dont une avec retentissement fonctionnel mais qui n'a pas motivé la malade pour une révision chirurgicale.

Nous pensons que si les critères radiologiques et les mesures angulaires normales sont rétablis le risque de récidive se trouvera nettement diminué. Par contre une insuffisance de réduction amorcera vite la récidive par son déséquilibre musculaire.

Nous n'oublions pas de rappeler que l'hallux valgus est une pathologie évolutive et multifactorielle, dont la genèse de même que la récidive peuvent relever des mêmes facteurs qu'il faudra donc essayer de supprimer en post-opératoire.

Enfin, la récidive étant une complication tardive ; on peut reprocher à notre série son recul encore minime.

• Ostéonécrose de la tête de M1 :

Cette complication qui est retrouvée à 1,8% chez Hammel [76] n'est jamais constatée dans notre série, de même que dans l'étude de Yahia Cherif [48].

Nous pensons que la rigueur dans l'exécution à la fois de la voie d'abord et de l'ostéotomie, sont de bons garants d'une préservation de la vascularisation céphalique.

7. Résultats radiologiques post-opératoires :

7.1. Résultats radiologiques des articulations MTP1 et IP :

L'amélioration radiologique des interlignes articulaires MTP1 et IP (respectivement dans 13 et 3 cas) est secondaire à la réaxation du 1^{er} rayon, qui fait passer l'incongruence articulaire avec pincement articulaire électif vers des interlignes plus libres.

Par contre, le passage d'un interligne normal à une subluxation s'explique par le fait d'une insuffisance de réaxation ou surtout d'hyper réduction dans le cas des hallux varus.

L'aggravation avec apparition d'une arthrose (3 cas dans la MTP1) secondaire à une hyper pression qui s'explique par un raccourcissement insuffisant. Ce déplacement quasi constant dans le SCARF doit être très bien calculé en prenant en compte 03 paramètres :

- La longueur de M1.
- La distance « ms » de l'incongruence.
- La courbe harmonieuse de MAESTRO; aussi des ostéotomies de WEIL peuvent être indiquées afin de prévenir des métatarsalgies de transfert causées par un M1 court.

7.2. Position des sésamoïdes :

Dans notre série, la position des sésamoïdes a été améliorée de façon satisfaisante dans 74% des cas.

Les insuffisances dans l'amélioration ou tout simplement l'absence de l'amélioration s'expliquent par :

- Une insuffisance de libération latérale quand on sait que nous n'avons pratiqué de libération de sésamoïde latéral sur aucun pied.
- Une insuffisance de remise en tension médiale qui doit prendre un point inférieur au ras du sésamoïde médial. Pour preuve il n'y a aucun cas d'hallux varus avec hypo réduction des sésamoïdes ni encore avec une hyper réduction des sésamoïdes.

La reposition insuffisante des sésamoïdes n'a entrainé aucun retentissement fonctionnel sur nos malades, mais c'est une insuffisance à laquelle il faut palier quand on sait qu'une malposition des sésamoïdes est un facteur de récidive parmi d'autre.

Selon Jardé [62] la correction a été satisfaisante dans 74% comme dans notre série.

7.3. Qualité de la fixation :

Au-delà de la qualité de la fixation, en rapport avec la trophicité de l'os, une évaluation postopératoire radiologique de la qualité de la fixation retrouve que celle-ci est bonne dans. 68,6% et que 18,07% sont représentés par des SCARF autostables, il ne restera donc que 13,25% de mauvaise fixation ce qui reste un chiffre acceptable. Ce paramètre n'a pas pu être comparé aux données de la littérature, mais nous pouvons dire que la stabilité primaire du SCARF, nous autorise certaines imperfections de l'ostéosynthèse, à conditions que celles-ci n'entravent pas la mécanique articulaire, ou la course des tendons.

Cette mauvaise fixation est due à :

- Des anomalies de positions et d'orientations.
- Des anomalies de tailles.
- Des anomalies de vissages de l'ostéotomie de la P1.

7.4. Evaluation des mesures angulaires post-opératoires :

Nous avons scindé les mesures angulaires en principales et secondaires. Les premières ont pour la plupart fait l'objet d'études avec lesquelles nous pouvons comparer nos résultats, par contre pour les secondes nous nous contenterons d'apporter notre analyse.

	Mesures angulaires	HVA	IMA	IPA	M1-M5	DMAA	DM2AA
A 3 mois	Moyenne angulaire	10,72°	8,16°	7,97°	22,9°	8,67°	2,25°
	Moyenne de correction	22,87°	9,01°	0,87°	9,8°	12,62°	6,68°
A 6 mois	Moyenne angulaire	11,19°	8,27°	8,1°	23,02°	8,59°	2,16°
	Moyenne de correction	22,4°	8,9°	0,74°	9,68°	12,7°	6,77°

Tableau 47 : Récapitulatif des principales mesures angulaires postopératoires à 3 mois et à 6 mois.

	Mesures angulaires	ACM	AISA DC	AIBM1	Djian Annonier	SRA	MRA
A 3 mois	Moyenne angulaire	3,78°	8,13°	6,07°	126,73°	7,4°	6,13°
	Moyenne de correction	1,23°	-1,89°	-1,39°	0,4°	13,18°	9,42°
A 6mois	Moyenne angulaire	3,99°	8°	6,19°	126,72°	7,59°	6,23°
	Moyenne de correction	1,02°	-1,76°	-1,51°	0,41°	12,99°	9,32°

Tableau 48 : Récapitulatif des mesures angulaires postopératoires secondaires à 3 mois et à 6 mois.

Nous constatons des mesures angulaires quasi similaires entre le 3ème et le 6ème mois postopératoires, avec des écart-types tout aussi similaires ou très proches si l'on prend en considération les différences de lecture intra-observateurs. On conclue qu'il y'a une pérennisation du résultat radiologique les 6 premiers mois et que l'évaluation radiologique devient accessoire au 3ème mois surtout que l'incidence de GUNTZ est de réalisation difficile chez les malades ayant souvent gardé une limitation de la flexion dorsale de l'hallux. Bien qu'elles soient de réalisation difficile et de qualité moindre, les incidences de Guntz faites à 3 mois chez nos malades sont interprétables car elles sont réalisées en scopie jusqu'à obtenir une position optimale et le cliché est pris dans cette position.

7.4.1. Mesures angulaires des principaux paramètres :

Les mesures angulaires post-opératoires obéissent aux mêmes principes et mêmes techniques que celles employées sur les clichés préopératoires, sauf sur la détermination de l'axe de M1, qui est perturbée par l'ostéotomie. Cet axe est déterminé selon les recommandations de l'AOFAS par la méthode épiphysaire qui consiste à dessiner un cercle qui doit passer à l'intérieur des bords médial, latéral et distal de la tête de M1 et le centre de ce cercle représente le point distal. Le point proximal est le milieu de la jonction métaphyso-diaphysaire proximale.

Auteurs	Origine	Année	Effectifs (pieds)	HVA	IMA	IPA	M1-M5	DMAA	DM2AA
Bonnel [63]	France	1999	NP	9°	6,2°	NP	NP	12,6°	NP
Crevoisier [58]	Suisse	2001	84	17°	10°	NP	NP	10°	NP
Freslon [43]	France	2005	123	17,5°	7,5°	NP	22,7°	11,1°	NP
Kristen [64]	France	2002	NP	13,4°	7,9°	NP	NP	8,8°	NP
Gonzalez [65]		2007	105	13,5°	9,5°	NP	NP	NP	NP
Bajar [44]	France	2008	85	12,6°	8,9°	NP	26,25°	7,2°	1,1°
Ouaggag [66]	France	2015	35	10,69°	7,1°	NP	NP	6,53°	NP
Marques [47]	France	2015	125	19,2°	14,5°	NP	NP	10°	NP
					12°			9,6°	
Yahia cherif [48]	Algérie	2015	100	17,74°	10,42°	NP	NP	8,23°	NP
Boussaidane [49]	Maroc	2017	60	13,59°*	12,55°*	7,2°*	NP	8,03°*	NP
[12]				12,35**	9,14**	6,91**		7,12**	
Kandjera [50]	Algérie	2018	74	9,07°	10,64°	NP	NP	4,38°	NP
Bellaaj [59]	Tunisie	2018	30	16,1°	9,93°	7,23°	NP	12,73°	NP
Mazzotti [54]	Italie	2023	144	16,0°	6,46°	NP	NP	NP	NP
Notre étude	Algérie	2023	166	11,19°	8,27°	8,1°	23,02°	8,59°	2,16°

^{* :} Ostéosynthèse

NP: non précisé dans l'étude.

Tableau 49 : Comparaison des évaluations angulaires à 6 mois post-opératoires des principaux paramètres.

^{** :} Ostéosuture.

a. Comparaison de l'angle du valgus métatarso-phalangien (HVA) :

Auteurs	Origine	Année	Effectifs (pieds)	HVA
Bonnel [63]	France	1999	NP	9°
Crevoisier [58]	Suisse	2001	84	17°
Freslon [43]	France	2005	123	17,5°
Kristen [64]	France	2002	NP	13,4°
Gonzalez [65]	/	2007	105	13,5°
Bajar [44]	France	2008	85	12,6°
Ouaggag [66]	France	2015	35	10,69°
Marques [47]	France	2015	125	19,2°
Yahia Cherif [48]	Algérie	2015	100	17,74°
Boussaidane [49]	Maroc	2017	60	13,59°* 12,35°**
Kandjera [50]	Algérie	2018	74	9,07°
Bellaaj [59]	Tunisie	2018	30	16,1°
Mazzotti [54]	Italie	2023	144	16,0°
Notre étude	Algérie	2023	166	11,19°

^{* :} Ostéosynthèse ** :ostéosuture. np : non précisé dans l'étude.

Tableau 50 : Comparaison des valeurs postopératoires de l'angle du valgus métatarsophalangien (HVA)

La correction obtenue est comparable ou proche à celle des autres études [49, 50, 64, 65, 66]. Cependant, nous avons eu 13 cas d'hypercorrection avec HVA entre 0° et 5° compensés dans le calcul de la moyenne postopératoire par les 9 cas d'hypercorrection avec un angle allant de 20° à 26°.

La correction de l'HVA est le reflet d'un réglage optimal des déplacements en translation latérale, accourcissement qui réduit le phénomène de corde à arc, rotation médiale de la surface articulaire distale de M1 et bien sûr de la remise en tension médiale.

b. Comparaison de l'angle inter-métatarsien (IMA) :

Auteurs	Origine	Année	Effectifs (pieds)	IMA
Bonnel [63]	France	1999	NP	6,2°
Crevoisier [58]	Suisse	2001	84	10°
Freslon [43]	France	2005	123	7,5°
Kristen [64]	France	2002	NP	7,9°
Gonzalez [65]	/	2007	105	9,5°
Bajar [44]	France	2008	85	8,9°
Ouaggag [66]	France	2015	35	7,1°
Marques [47]	France	2015	125	14,5° 12°
Yahia Cherif [48]	Algérie	2015	100	10,42°
Boussaidane [49]	Maroc	2017	60	12,55°* 9,14°**
Kandjera [50]	Algérie	2018	74	10,64°
Bellaaj [59]	Tunisie	2018	30	9,93°
Mazzotti [54]	Italie	2023	144	6,46°
Notre étude	Algérie	2023	166	8,27°

^{* :} Ostéosynthèse ** :ostéosuture. np : non précisé dans l'étude.

Tableau 51 : Comparaison des valeurs postopératoires de l'angle inter-métatarsien (IMA).

Nous avons obtenu une moyenne postopératoire de l'IMA inférieur à 10° et comparable à celles des études [43, 44, 54, 58, 59, 63, 64, 65, 66].

La réduction du métatarsus varus permet à la tête de M1 de se repositionner sur son lit sésamoïdien préalablement libéré et abaissé.

Cette réduction du métatarsus varus est la conséquence de la translation latérale. Il faut savoir qu'il y a de véritable HV sans augmentation de l'angle IMA et celui-ci est calculé par la formule : **IMA réel= IMA mesuré** + (**métatarsus adductus** – **15**°). Le métatarsus adductus doit être calculé par la méthode de SCARLATO [27] ; nous recommandons de toujours faire une translation latérale minime au risque de tomber dans l'hyper-réduction.

c. Comparaison de l'angle inter-phalangien (IPA) :

Auteurs	Origine	Année	Effectifs (pieds)	IPA
Boussaidane [49]	Maroc	2017	60	7,2°* 6,91°**
Bellaaj[59]	Tunisie	2018	30	7,23°
Notre étude	Algérie	2023	166	8,1°

^{* :} Ostéosynthèse ** : Ostéosuture.

Tableau 52 : Comparaison des valeurs postopératoires de l'angle inter-phalangien (IPA).

La moyenne postopératoire est à la fois compatible avec celle des autres études [49,59] et n'est pas très différente de la moyenne préopératoire et pour cause ; la composante valgisante de l'inter-phalangienne est rare.

Bien que l'angle IP soit augmenté, celui-ci a été corrigé par la correction de la pronation, il s'agissait donc de mesures angulaires surévaluées en préopératoire par la pronation de l'hallux. Pour cette raison, la décision finale de pratiquer une ostéotomie de varisation de P1 est envisagée en préopératoire et prise en per-opératoire.

On conclut que l'ostéotomie de varisation de P1 corrige certes un angle inter-phalangien augmenté à condition de bien choisir son siège ; mais contribue surtout à améliorer le résultat anatomique.

d. Comparaison de l'angle d'étalement métatarsien (M1-M5) :

Auteurs	Origine	Année	Effectifs (pieds)	M1-M5
Freslon [43]	France	2005	123	22,7°
Bajar[44]	France	2008	85	26,25°
Yahia Cherif [48]	Algérie	2015	100	25,94°
Notre étude	Algérie	2023	166	23,02°

Tableau 53 : Comparaison des valeurs postopératoires de l'angle d'étalement métatarsien (M1-M5).

L'étalement de la palette métatarsienne a été corrigé de façon comparable aux études [43,44, 48].

Cette correction contribue à réduire la largeur de l'avant pied pour le rendre à la fois esthétique et adapté au chaussage féminin.

L'obtention d'un avant-pied étroit et chaussable a nécessité quelques fois le recours à des ostéotomies complémentaires du M5 (SCARF avec médialisation ou « SCARF inversé », ostéotomie en chevron).

e. Comparaison de l'angle de la surface articulaire distale de M1 (DMAA) :

Auteurs	Origine	Année	Effectifs (pieds)	DMAA
Bonnel [63]	France	1999	NP	12,6°
Crevoisier [58]	Suisse	2001	84	10°
Freslon [43]	France	2005	123	11,1°
Kristen [64]	France	2002	NP	8,8°
Bajar [44]	France	2008	85	7,2°
Ouaggag [66]	France	2015	35	6,53°
Marques [47]	France	2015	125	10° 9,6°
Yahia Cherif [48]	Algérie	2015	100	8,23°
Boussaidane [49]	Maroc	2017	60	8,03°* 7,12°**
Kandjera [50]	Algérie	2018	74	4,38°
Bellaaj [59]	Tunisie	2018	30	12,73°
Notre étude	Algérie	2023	166	8,59°

^{* :} Ostéosynthèse ** : Ostéosuture. NP : non précisé dans l'étude.

Tableau 54 : Comparaison des valeurs postopératoires de l'angle de la surface articulaire distale de M1 (DMAA).

La moyenne obtenue du DMAA est comparable à celle des études [44, 48, 49, 58, 64,66] et meilleures que celles des études [59, 63].

La correction du DMAA est obtenue par la rotation médiale de la surface articulaire distale de M1. Elle est obligatoire dans les HV congénitaux.

Nous recommandons de la faire systématiquement, mais de façon plus importante en cas de DMAA préopératoire excessif. Le rétablissement d'une orientation correcte de la surface articulaire distale de M1 est un gage qui limite les récidives.

f. Comparaison de l'angle de la surface articulaire distale de M1 par rapport à l'axe de M2 (DM2AA) :

Auteurs	Origine	Année	Effectifs (pieds)	DM2AA
Bajar [44]	France	2008	85	1,1°
Notre étude	Algérie	2023	166	2,16°

Tableau 55 : Comparaison des valeurs postopératoires de l'angle de la surface articulaire distale de M1 par rapport à l'axe de M2 (DM2AA).

Le DM2AA bien que sa correction soit proche de celle obtenue par Bajar [44], nous restons loin de la valeur optimale à 0° qui est le meilleur gage pour prévenir la récidive.

Le DM2AA égal à 0° est un objectif thérapeutique radiologique à essayer d'atteindre.

7.4.2. Mesures angulaires des paramètres secondaires :

a. Angle de DJIAN-ANNONIER:

Il existe une réduction minime de la mesure post-opératoire par rapport à la mesure pré opératoire (cette différence est de $0,4^{\circ}$).

Aussi minime soit-elle, cette différence correspond à :

- L'abaissement du M1 par le SCARF, reste à déterminer la correspondance entre un abaissement chiffré en millimètre par rapport à une mesure angulaire.
- La reposition des sésamoïdes, notamment du sésamoïde médial qui s'accompagne obligatoirement d'un abaissement pour permettre la reposition de la tête de M1 sur le socle sésamoïdien; vu que le sésamoïde médial constitue un repère pour calculer l'angle de DJIAN-ANNONIER, celui-ci est diminué par l'abaissement du sésamoïde médial.

b. Angle cunéo-métatarsien (ACM):

Sa moyenne postopératoire n'est réduite que de 1,02° à 6 mois.

S'agit-il d'une réelle correction ou d'une variation de la lecture ? Nous pouvons déduire qu'il s'agit plutôt d'une variation dans la lecture ou de l'incidence radiologique car l'étude de cette articulation est intimement liée à la qualité de l'incidence d'une part. D'autre part le SCARF à priori n'atteint pas cette articulation et le déplacement des fragments se fait dans l'ostéotomie. Aucune variation ne doit donc survenir sur cette mesure

.

c. Angle d'inclinaison de la surface articulaire distale du cunéiforme (AISADC) :

Nous constatons une augmentation de l'ordre de 1,89° à 3 mois et 1,76° à 6 mois. En effet, les mesures post-opératoires sont plus grandes que les mesures préopératoires et cette modification s'explique par le fait que l'axe de M1 déterminé en préopératoire par la méthode diaphysaire ; après ostéotomie, cet axe est déterminé selon la méthode épiphysaire.

De plus, la correction de l'IMA modifie donc l'axe de M1 et par voie de logique cet angle.

d. Angle d'inclinaison de la base de M1 (AIBM1) :

Par la même logique, la modification de l'axe de M1 entraine obligatoirement la modification de cet angle.

Par contre, par une simple formule trigonométrique on détermine que même si les angles précédents sont différents, l'angle cunéo-métatarsien qui en dépend reste le même.

ACM = AISADC- AIBM1

e. Angle de rotation sésamoïdienne (ARS) :

L'angle de rotation sésamoïdienne est le reflet de la luxation des sésamoïdes par rapport à la tête de M1.L'évaluation post-opératoire de la correction de cet angle n'a pas fait l'objet d'étude afin de comparer nos résultats.

Sur les 166 pieds de notre série, la moyenne corrigée de cet angle est de 7,4° à 3 mois et de 7,59° à 6 mois avec des moyennes de correction respectives de 13,18° et 12,99°.

Nous constatons que la libération pratiquée, associée à la translation latérale de la tête de M1 a pu améliorer l'angle de rotation sésamoïdienne, même si la position des sésamoïdes n'a pas été toujours corrigée.

f. Angle de rotation métatarsienne (ARM) :

C'est l'augmentation de cet angle qui indique le substratum radiologique de la pronation, puisqu'il est bien établi que la pronation est dû non à la rotation de l'hallux mais à la rotation de la tête de M1 et qui entraine avec elle l'hallux.

Les moyennes de correction sont de 9,42° à 3 mois et 9,32° à 6 mois et la correction obtenue est respectivement de 6,13° et 6,23°. Au fait, l'évaluation des mesures angulaires de l'incidence de GUNTZ à 3 mois bien que difficile a été proche de l'évaluation à 6 mois. Cette difficulté vient du fait de la persistance d'une raideur de la MTP1 qui rend difficile la réalisation de cette radiographie et sa qualité reprochable.

8. Résultats cliniques et fonctionnels post-opératoires :

8.1. Indice de satisfaction :

Auteurs	Origine	Années	Effectifs	Très satisfait (%)	Satisfait (%)	Insatisfait (%)	Très insatisfait (%)
Crevoisier [58]	Suisse	2001	84	39	50	1	1
Freslon [43]	France	2005	123	56,1	28,5	9,7	5,7
Bajard [44]	France	2007	85	8	1	14	5
Leemrijsée [68]	Belgique	2012	15	54,5	45,5	0	0
Boussaidane [49]	Maroc	2017	60	44* 36**	50* 45**	6* 17**	
Kandjera [50]	Algérie	2018	74	87,8 12,2		2,2	
Notre étude	Algérie	2023	166	30 à 3 mois 47 à 6 mois	47 à 3 mois 49 à 6 mois	11 à 3 mois 13 à 6 mois	2 à 3 mois 1 à 6 mois

* : Ostéosynthèse ** : Ostéosuture

Tableau 56 : Comparaison des indices de satisfaction.

Nos résultats subjectifs sont très proches de ceux qu'on retrouve dans la littérature, avec une satisfaction qui dépasse les 80% dans toutes les séries [43, 44, 49, 50, 58, 68].

Nous constatons également qu'il n'y'a pas de différence significative entre 3 et 6 mois, cela prouve que le résultat et le bénéfice ressenti par le malade s'installe rapidement.

Les insatisfactions de nos malades ont des causes variées, allant de séquelles avec retentissement fonctionnel vers des complications simples, comme par exemple une cicatrice chéloïde, un œdème persistant qui d'ailleurs peut poser des problèmes au chaussage, beaucoup moins ressenti par le malade à notre avis en chirurgie bilatérale.

Enfin, l'impression d'échec décrite est réelle chez certains malades, volontiers de sexe féminin, pour lesquels se posera la question de la motivation du malade pour la chirurgie qui aurait pu être plutôt esthétique mais cachée derrière une plainte douloureuse et fonctionnelle. Là encore l'appréciation psychologique préopératoire aide à récuser certaines demandes chirurgicales et la prise de photographies voir de vidéos aide à rappeler au malade l'état de son pied.

A ce titre BAROUK disait qu' « en chirurgie du pied, le malade oubli souvent l'état de son pied ».

8.2. Score KITAOKA de l'AOFAS :

Auteurs	Origine	Années	Effectifs (pieds)	Score à 3 mois /100	Score à 6 mois et plus /100
Crevoisier [58]	Suisse	2001	84	/	82
Kristen [64]	France	2002	111	/	91
Leemrijsée [68]	Belgique	2012	15	/	91
Kandjera [50]	Algérie	2018	74	/	81,08
Silva [51]	Brésil	2021	70	/	89 ,6
Rouveyrol [52]	France	2021	96	/	88,4
Mazzotti [54]	Italie	2023	144	/	89
Mahchouche [55]	Algérie	2023	100 50 SCARF 50 chevron	/	89,58* /
Notre étude	Algérie	2023	166	79,69	91,21

^{* :} Score KITAOKA de l'AOFAS pour les 50 pieds opérés par procédé de SCARF.

Tableau 57 : Comparaison du score KITAOKA de l'AOFAS.

Le score de KITAOKA de l'AOFAS comporte des critères objectifs et subjectifs. Nous constatons une amélioration de ce score de 3 à 6 mois mais ce paramètre ne peut être comparé à d'autres études.

Par contre, nos résultats sont similaires à ceux de la littérature [50, 51, 52, 54, 55, 58, 64, 68] à 6 mois et plus bien que le recul de notre étude soit inférieur à ceux des autres études.

VII. Recommandations et perspectives

La réalisation de notre étude prospective, monocentrique portant sur 166 pieds nous a permis de comprendre certains aspects particuliers de l'hallux valgus et de pouvoir exposer notre expérience sur l'ostéotomie SCARF.

Nos travaux et ceux des autres équipes insistent sur l'aspect fonctionnel de la chirurgie de l'hallux valgus et nous recommandons pour cela, d'opérer ou de proposer une correction chirurgicale à tous les hallux valgus, répondant aux mesures radiologiques de référence à savoir un angle HVA>15° et éventuellement un angle IMA>10°, associées à une symptomatologie clinique.
Le polymorphisme clinique de l'hallux valgus est avéré autant que les demandes chirurgicales. Nous recommandons de bien les analyser pour y répondre favorablement en cas d'hallux valgus symptomatique, qu'il soit accompagné ou non de signes de retentissement fonctionnels ou sur les rayons latéraux. Par contre, si la plainte est purement esthétique, nous recommandons de ne pas retenir de cure chirurgicale.
Reste ici à régler le problème des malades dont la plainte purement esthétique est cachée derrière une demande pour douleur ; l'analyse psychologique retenue par plusieurs auteurs est ici d'évaluation difficile ; pour nous, il faudra tout simplement expliquer à tous les malades le risque de cette chirurgie de façon claire, honnête et explicite comme par exemple : les douleurs séquellaires, la double cicatrice et l'œdème. Nous pensons que cela arrive à freiner les ardeurs de ceux ou celles dont la demande est purement esthétique.
Concernant les contre-indications à la chirurgie de l'hallux valgus, nous pensons qu'en dehors de la demande purement esthétique, tous les hallux valgus peuvent être opérés mais avec des techniques adaptées à chaque cas. Quant à l'ostéotomie SCARF, nous recommandons de l'éviter au même titre que toutes les autres procédures chirurgicales conservatrices en cas de déformation sur terrain neurologique ou de maladie rhumatismale destructrice avancée. Pour ces terrains, l'arthrodèse métatarsophalangiènne du premier rayon garde un réel succès.
Se pose ensuite la question du moment idéal pour opérer. Nous pensons qu'il n'est jamais trop tard pour opérer un HV; mais nous recommandons au vu des résultats fonctionnels, de proposer et de réaliser l'intervention le plus tôt possible, surtout avant l'apparition des signes de retentissement ou avant que les signes de retentissement ne se multiplient.
Notre travail et la diversité des HV que nous avons opérés nous ont montré à quel point l'ostéotomie SCARF pouvait être modifiée et adaptée à chaque cas. Face à la multitude des techniques opératoires pour l'hallux valgus où chacune pouvait présenter des limites, l'ostéotomie SCARF pouvait être proposée. Pour nous, l'ostéotomie SCARF peut être indiquée pour tous les hallux valgus quelque soit leur étiologie, ou leur gravité et s'il y a une seule technique à maitriser ce sera l'ostéotomie SCARF. En insistant sur

le fait que cette technique aussi séduisante soit elle n'est pas à l'abri de complications peropératoires qui sont toutes liées à une imperfection ou erreur dans l'exécution des gestes. Cela veut dire que, faire un SCARF sans incidents nécessite un entrainement et on estime qu'une certaine maîtrise pouvait être acquise au bout d'une dizaine d'interventions.

Nous recommandons un compagnonnage pour les premières interventions. D'autant plus que les évaluations peropératoires gardent une grande subjectivité et que les coupes osseuses si elles sont ratées sont difficilement récupérables voire impossibles à récupérer.
 Pour potentialiser les chances de réussite d'une ostéotomie SCARF et pour guider et doser les gestes opératoires, nous avons démontré tout au long de ce travail et nous recommandons

de faire une planification préopératoire et les gestes de correction dépendent soit :

- De paramètres cliniques.
- De paramètres radiologiques.
- Ou des deux, cliniques et radiologiques.
- ☐ Une planification doit répondre à certaines questions et la réponse à chaque question n'est que le geste à effectuer :
- 1. Le varus métatarsien ; la luxation des sésamoïdes ; le M1 court et la déviation de l'hallux en valgus sont tous corrigés par la translation latérale du fragment céphalique. Nous recommandons de bien mesurer et doser cette translation et de pouvoir aller jusqu'à ¾ de largeur de M1.
- 2. La déviation latérale de la surface distale de M1 (DMAA excessif) est corrigée par la rotation médiale de la surface articulaire distale de M1 que nous recommandons de toujours faire car ce paramètre est toujours perturbé.
- 3. Lorsque l'HV est réductible, on pratique un SCARF avec raccourcissement de principe, auquel il faut toujours associer de la supination car le DMAA est augmenté par la pronation.
- 4. Lorsque l'HV est irréductible et/ou avec raideur ; on préconise SCARF avec raccourcissement évalué sur le point « ms ». Dans ce cas, si le M1 est déjà court, on recommande d'harmoniser la courbe de MAESTRO par des ostéotomies de WEIL.
- Concernant le problème de la fixation ; nous recommandons pour cela de faire un SCARF autostable à chaque fois que c'est possible, qui nous met à l'abri des complications et des incidents du vissage, sinon en cas d'instabilité, une fixation par 1 vis ou 2 vis est de mise. Dans tous les cas, nous recommandons d'avoir en fin d'intervention une stabilité autorisant une reprise fonctionnelle précoce et ne pas faire des SCARF autostables avec des précautions supplémentaires ; il vaut mieux fixer dans ce cas.
- ☐ Concernant le supraductus, l'infraductus et les griffes d'orteils, l'indication chirurgicale de correction est basée sur la notion de réductibilité et de la congruence articulaire.

- En présence d'une réductibilité, d'une incongruence articulaire minime ; nous recommandons une ostéotomie de WEIL.
- En présence d'une irréductibilité, d'une subluxation, voire d'une luxation, on préconise une correction chirurgicale par ostéotomie de WEIL ou par résection arthroplastique.

Dans les deux cas, une préparation du malade est indispensable tant sur le plan chirurgical que sur le plan psychologique et sur sa capacité à surmonter des suites opératoires longues, difficiles avec parfois un œdème persistant pendant des mois.

- Nous insistons sur la nécessité absolue de réaliser un bilan radiologique fiable où les variations intra ou inter-observateurs, de même que la qualité technique de réalisation ne sont pas négligeables. Afin d'optimiser l'analyse radiologique nous recommandons :
 - Faire un bilan radiologique complet comportant :
 - Rx de face dorso plantaire en charge.
 - Rx de profil en charge.
 - Incidence de GUNTZ.
 - Réaliser des clichés de taille réelle.
 - Chaque cliché doit comporter 3 vues de face et 2 vues de profil afin de ne pas surcharger les clichés par les mesures métrologiques (garder une face+profil vierges pour la vérification des mesures).
 - Standardiser auprès des centres de radiologie une méthodologie des techniques radiologiques et la réalisation de mesures informatisées fiables à vérifier bien sûre par le chirurgien.
 - Nous suggérons de se référencer à un radiologue tant pour les clichés préopératoires que postopératoires.
 - A ce titre, bien que nous ayons fait une évaluation postopératoire à 3 mois et 6 mois dans notre travail. Nous recommandons uniquement une évaluation radiologique à 6 mois.
 - Concernant les différentes mesures angulaires, nos recommandations sont :
 - O Après l'évaluation du radiologue, on préconise de procéder à la vérification d'abord de la qualité des axes et des repères, dans le cas contraire, il faut les rectifier, ensuite vérifier les mesures angulaires en manuel avec un rapporteur et non un goniomètre qui augmente les marges d'erreurs avec ses deux bras.
 - O Les tracés des axes de (M1-M2-M5) se basent sur des repères diaphysaires en préopératoire. Par contre, en raison des ostéotomies, ces axes sont calculés en postopératoire sur la base de mesures épiphysaires où le repère proximal est le milieu de la jonction métaphyso-diaphysaire et en distal sur le centre du cercle passant à l'intérieur des bords latéral et distal de la tête métatarsienne.
 - Ne pas demander l'incidence de GUNTZ à 3 mois postopératoire, elle est de réalisation et de qualité critiquables en raison de la persistance d'une limitation de la flexion dorsale chez la majorité des malades.

- Nous recommandons de relativiser deux mesures :
 - L'angle IPA: en raison de la pronation de l'hallux, cet angle est faussement très élevé, ou apparait paradoxalement très élevé et en varus, cela est dû au fait que cette articulation est vue de profil et on prend pour valgus au fait la flexion de l'IP.
 - L'angle DMAA qui est augmenté par la pronation.
 - Nous recommandons par voie logique donc de tempérer les gestes de correction par les tests peropératoires ou à fortiori par des radiographies peropératoires.
- ☐ Concernant le suivi postopératoire ; nous recommandons :
 - Une antibioprophylaxie de 24H d'hospitalisation postopératoire et aucune antibiothérapie n'est prescrite à la sortie. L'absence d'infection dans notre série s'explique certes par l'antibioprophylaxie, mais surtout par le respect des règles d'asepsie rigoureuse de la chirurgie orthopédique et une préparation du membre et du pied à opérer en préopératoire.
 - La reprise de l'appui plantigrade sans chaussure de BAROUK, précoce vers 10-15 jours sans aucun risque de déplacement secondaire y compris pour les HV bilatéraux et autostables. Un retard dans l'appui vers 3 semaines peut tout de même être prescrit en cas d'ostéoporose importante.
 - De reprendre un chaussage quasi normal vers le 3ème mois postopératoire et pour ce qui concerne la chaussure féminine à talon, nous répondons favorablement à chaque fois qu'une malade demande de les porter, en partant du principe « opérer pour ne pas priver de se faire plaisir ».

Enfin, notre travail, bien qu'il ait pu répondre à certains de nos questionnements, il ouvre le chemin vers de nouveaux travaux, afin de perfectionner une technique qui s'est déjà imposée comme référence dans le paysage chirurgical de l'hallux valgus et s'ouvrir vers d'autres perspectives :

- La possibilité d'utiliser des calques dans la planification préopératoire afin de porter des corrections angulaires en correction de distance.
- Trouver le moyen pour transformer les angles en distance en utilisant des formules trigonométriques à condition que celles-ci soient simples.
- Déterminer un moyen ou une formule qui permettra de coupler les 3 corrections (IMA-DMAA et DM2AA) puisqu'elles dépendent de la translation latérale et de la rotation médiale.

VIII. Conclusion

L'hallux valgus reste de loin le premier motif de consultation avec la demande thérapeutique la plus fréquente en pathologie de l'avant-pied. Il suscite toujours, beaucoup d'intérêt avec en moyenne 45 publications par an entre 1980 et 2000 et 75 publications par an entre 2000 et 2015 [69].

Il s'agit d'une déviation complexe, où le valgus du gros orteil représente la principale désaxation.

Les étiologies sont très variées et nombreuses ; souvent associées chez un même malade où l'on retrouve fréquemment des facteurs héréditaires familiaux avec certains facteurs extrinsèques, comme par exemple le chaussage féminin étroit et à talon haut.

Les expressions radio-cliniques sont toutes aussi nombreuses avec la douleur qui représente le maître symptôme et qui est suffisant pour poser l'indication opératoire. La plainte esthétique, par contre, est réelle, notamment dans la population féminine. Elle ne devrait pas constituer un argument seul pour la chirurgie ; sans manquer de rappeler que le traitement de l'hallux valgus est purement à visée fonctionnelle.

La question du traitement curatif de l'hallux valgus est définitivement réglée ; il est chirurgical et peut être soit radical ou conservateur en privilégiant ce dernièr à chaque fois que c'est possible.

Les nombreuses étiologies et les nombreuses anomalies morphologiques et les explications physiopathologiques sont à l'origine d'un nombre impressionnant d'interventions chirurgicales où aucune technique n'est confirmée comme l'idéale (environ de 300). Les travaux actuels permettront de découvrir de nouvelles approches physiopathologiques qui déboucheront certainement vers de nouvelles techniques chirurgicales comme c'est le cas par exemple ces dernières années avec la chirurgie percutanée et mini-invasive dont bon nombres sont encore en cours d'évaluation, tant en terme d'indications que de résultats. D'ailleurs à ce titre il vaut mieux penser pour le moment qu'il n'y a pas de limites jusqu'à preuve du contraire.

En terme de chirurgie de l'hallux valgus le choix du ou des gestes à faire s'avère quelques fois plus difficile que le ou les gestes eux-mêmes. Une planification préopératoire à la fois clinique et radiologique est le meilleur moyen pour éviter les imprévus et donc les incidents per-opératoires ; c'est également un outil accessible qui assure un meilleur résultat comme nous venons de le démontrer tout au long de notre travail.

Au-delà du choix porté par le type et la gravité de l'hallux valgus, il faut intégrer la notion de la technique maitrisée. A ce titre, la meilleure technique est celle qui assure la correction, pérennise celle-ci, avec le moins de morbidités. Le SCARF remplit parfaitement ces critères.

L'ostéotomie SCARF est une technique chirurgicale très populaire dans le monde ; elle exige une rigueur dans l'exécution des différentes étapes. Les travaux menés notamment par BAROUK ont grandement contribué à la compréhension des différentes corrections dans les trois plans de l'espace et à populariser cette intervention.

Une correction de la déformation dans les trois plans de l'espace permettant de faire face à pratiquement tous les types d'hallux valgus en s'aidant bien sûr des gestes associés qu'il faut savoir choisir, notamment sur les rayons latéraux.

Une pérennité de la correction avec un recul qui va jusqu'à 10 ans pour certaines équipes. Enfin, les bons résultats ne sont obtenus qu'au prix d'une planification préopératoire et d'une exécution technique rigoureuse s'appuyant sur une courbe d'apprentissage. En effet, la revue de la littérature et des mauvais résultats constatés, retrouvent non pas une insuffisance de la technique elle-même, mais plutôt une insuffisance dans la réalisation de cette technique.

Le SCARF est petit à petit passé d'une indication bien précise à des indications beaucoup plus larges et qui ne cessent de s'étendre davantage. C'est une valeur sûre dans l'arsenal thérapeutique de l'hallux valgus qui peut être indiqué quelque soit le type ou la sévérité de celui-ci y compris ceux du sujet âgé avec arthrose et si l'on veut maitriser qu'une seule technique dans le traitement de l'hallux valgus, c'est bien le SCARF= c'est la technique la plus complète à ce jour.

C'est la seule ostéotomie non décelable à la radio après un an. Ses points forts sont :

- La stabilité et la fixation solide qui nous ont permis de faire des ostéotomies bilatérales simultanées avec une reprise d'appui et une récupération fonctionnelle précoce.
- Les possibilités de correction dans les trois plans de l'espace de façon isolée et simultanée et des rectifications peropératoires pour parfaire la correction.

Le résultat opératoire à long terme est en rapport avec la bonne indication opératoire tout en rappelant que dans notre travail nous avons très souvent constaté que la qualité de vie et les résultats fonctionnels semblent plus en rapport avec l'action positive sur la douleur, la restauration du chaussage que le résultat radiologique final bien que les deux soient souvent liés.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche clinique du malade

	□ Douleur
Identification du patient :	 Cutanée
N° du dossier :	o Distale
Nom:	 Articulaire (profonde)
Prénom :	☐ Gène esthétique
Date de naissance :	☐ Gène au chaussage
Profession:	☐ Obligation à adapter le chaussage
Adresse personnelle :	☐ Obligation à abandonner un type de
N° de téléphone :	chaussage
Anamnèse :	Utilisation d'un matériel de protection
Antécédents médicaux :	☐ Gène fonctionnelle
□ Personnels:	☐ Métatarsalgies
☐ Familiaux :	
Antécédents chirurgicaux :	
Personnels:	☐ Intertrigo
☐ Familiaux :	☐ Autres :
□ Pallillaux.	
Habitudes et toxiques :	Examen physique
☐ Tabac	Examen physique
	Type de pied :
□ Alcool	□ Egyptien
☐ Autres	□ Grec
Poids en Kg:	□ Carré
Taille en cm:	
Pointure:	Morphotype du pied :
CALC III.	☐ Plat
Côté atteint :	□ Creux□ Normal
□ Droit	□ Serpentin
☐ Gauche	☐ Métatarsus adductus
☐ Bilatéral	
C^té à examiner (à opérer) Droit	Usure de la chaussure
□ Gauche	□ Normale
	☐ Médiale
Habitudes de chaussage :	☐ Latérale
□ A talon	Auticulation métatama mbalanciana (181 mayon)
☐ A demi talon	Articulation métatarso-phalangienne (1 ^{er} rayon) ☐ Hallux valgus
☐ A semelle plate	Réductible
☐ De sport	Partiellement réductible
☐ Imposé par l'activité professionnelle	 Irréductible
Activité sportive	☐ Enraidie
□ Régulière	□ Fléssum
□ Occasionnelle	☐ Extension
□ Aucune	☐ Barquette
	☐ Rotation : Pronation Supination
	☐ Amplitudes :

Motifs de consultation/plaintes du patient :

o Flexion plantaire :				
	o Flexion dorsale :			
	Test d'instabilité : Positif Négatif			
	1			
	o Normale			
	o Saillie Osseuse			
	o Douleur Nerveuse			
Articu	lation inter-phalangienne (1 ^{er} rayon):			
Articu				
_	Barquette			
	Rotation de l'ongle			
	o Pronation			
	o Supination			
	5 2.F.			
Retent	issements:			
	Supraductus			
	Infraductus			
	Aspect de l'ongle (onychomycose)			
	Durillons/callosités			
	 Punctiformes 			
	o Planes			
	o Cors			
Autroc	rayons (R2, R3, R4 et R5)			
Aunes	Appui pulpaire			
Ш	Spontané			
	SpontaneEn pression volontaire			
	 Impossible			
	Déviation			
	Adduction : rayons			
	o Abduction : rayons			
	Supraductus: rayons			
	Infraductus : rayons			
	Griffes d'orteil : rayons			
	o Réductible			
	 Irréductible 			
	Syndrome d'attelage des tendons			
	fléchisseurs			
	Cinquième rayon :			
	O Quintus varus			
	O Bunionnette			
Q:	Œil de perdrix SHENERSKIOLD:			
Signe	de SILFVERSKIOLD :			
Malfor	rmations congénitales : Non / Oui :			
Type :				
D' ' '	dan dan datamak di 13 di 18			
_	cion des chaines articulaires d'amont :			
	Absente			
	Cheville			
	Genou			
	Hanche chis			
ĸa	CIIIS			

	Torsion
Etat tr	ophique
	Œdème
	Varices
	Artériopathie
	Troubles sensitifs
	Troubles moteurs

Remarques:

Radiologie pré-opératoire			
Bilan radiol	logique :		
☐ Radiographies face+profil en charge			
☐ Incidences de GUNTZ			
Interprétation r	adiologiau	ie:	
_	O 1		
Articulation métatarso-phalangienne (1er rayon):	□ Normal	☐ Pincement	☐ Arthrose
Articulation inter-phalangienne (1er rayon):	□ Normal	☐ Pincement	☐ Arthrose
Mesures angulaires pré-opératoires • Métatarsus varus :			
Valgus phalangien:			
Valgus inter-phalangien:			
Etalement de la palette métatarsienne :			
• DMAA:			
• DM2AA:			
• Angle de DJIAN-ANNONIER :			
Articulation cunéo-métatarsienne :			
Orientation de l'interligne cunéo-métatarsien :	☐ Oblique	\square Transversal	☐ Curviligne
Angle cunéo-métatarsien :			
Angle d'inclinaison de la surface articulaire di	istale du cunéi	forme :	
Angle d'inclinaison de la base de M1 :			
Position du sésamoïde latéral (Radiographie de fa	ce): □ Norm	ale 🗆 Subluxati	on
Incidence de GUNTZ :			
Position du sésamoïde latéral : □ Normale	☐ Subluxatio	n Luxation	
 Angle de rotation des sésamoïdes : 			
• Angle de rotation du 1 ^{er} métatarsien :			
Retentissement sur les rayons latéraux : • Déviation			
☐ Adduction : rayons			
☐ Abduction : rayons			
Supraductus : rayons			
Infraductus : rayons			
Griffes d'orteil : rayons			
Subluxation : rayons			
Luxation : rayons		••••	
Cinquième rayon :			
☐ Quintus varus			
☐ Bunionnette			
Minéralisation osseuse : □ Normale □ Démin	éralisation	□ Ostéoporose	

Classifications

Classification de COUGHLIN:

- ☐ Hallux valgus léger
- ☐ Hallux valgus modéré
- ☐ Hallux valgus sevère

Hallux	Valgus	Métatarsus
valgus	phalangien	varus
Léger	< 20° ou 30°	< 10 à 14°
Modéré	$20^{\circ} < < 30^{\circ} \text{ à } 40^{\circ}$	14 < < 20°
Sévère	> 40°	> 15 à 20°

Planification pré-opératoire Corrections souhaitées Translation latérale Supination/rotation Abaissement Médialisation tête de M1 Accourcissement Autres Gestes associés

Intervention chirurgicale pratiquée :
Type d'anesthésie :
Position du garrot :
Corrections obtenues :
☐ Translation latérale
☐ Supination/rotation
☐ Abaissement
☐ Médialisation tête de M1
□ Accourcissement
☐ Autres
Mode de fixation :
Gestes sur les rayons latéraux :
Durée d'intervention :
Incidents peropératoires :
Drainage :

Suites opératoires immédiates / précoces

/ pré	écoces
Antibi	oprophylaxie :
Antico	agulant :
Chang	ement du pansement :
Cicatri	sation/ablation des fils:
Appui	:
•	Sur chaussure de BAROUK : Plantigrade complet :
Réédu	cation fonctionnelle:
Conso	lidation :
Compl	lications:
	on/taille du MOS : res angulaires radiologiques post- toires
•	Métatarsus varus :
•	Valgus phalangien :
•	Valgus inter-phalangien :
•	Etalement de la palette métatarsienne :
•	DMAA:
•	DM2AA:
•	Angle de DJIAN-ANNONIER:
•	Position du sésamoïde latéral :
	□ Normale
	□ Subluxation
	☐ Luxation

• Retentissement sur les rayons latéraux :

Evaluation à 03 mois

			• Metatarsus varus :	
Indice de	satisfaction		• Valgus phalangien:	
Critères	s subjectifs :		Valgus inter-phalangien :	
	9		Etalement de la palette métatarsienne	:
Résultat	esthétique		• DMAA:	
\Box Tr	ès bon		• DM2AA:	
	oyen		Angle de DJIAN-ANNONIER:	
\square M	auvais		Angle cunéo-métatarsien :	
Résultat	su la douleur	· :	Angle d'inclinaison de la surface	
\Box Tr	ès bon		articulaire distale du cunéiforme :	
\Box Bo	on		Angle d'inclinaison de la base de M1	:
\square M	oyen		•	
\square M	auvais		Design des sécure vide le térre la (Design de	
			Position du sésamoïde latéral (Radio de face):	
	sur le chauss	age:	□ Normale	
	ès bon		☐ Subluxation	
			☐ Luxation	
	oyen		Incidence de GUNTZ :	
\square M	auvais		Position du sésamoïde latéral : Number 1	
Critères	objectifs :		☐ Subluxation ☐ Luxation	
	objectis .			
Score de K	ITAOKA:		 Angle de rotation des sésamoïdes : Angle de rotation du 1^{er} métatarsien : 	<i>:</i>
			Retentissement sur les rayons latéraux :	
Radiologie			Minéralisation osseuse :	
	iologique :	ofil on about	□ Normale	
	graphies face+prences de GUNTZ	· ·		
- Include	nices de GOIVIZ		□ Déminéralisation	
			□ Ostéoporose	
Interpréta	ation radiolo	ogique :		
Articulation	métatarso-phala	angienne	Consolidation :	
(1 ^{er} rayon):	_			
□ Normal	☐ Pincement	☐ Arthrose	Matériel d'ostéosynthèse :	
			□ Position :	
Articulation	inter-phalangie	nne (1 ^{er} rayon) :		
□ Normal	☐ Pincement	☐ Arthrose	□ Taille :	, • • ·
			•	

Mesures angulaires pré-opératoires

Evaluation à 06 mois

	Métatarsus varus :
Indice de satisfaction	Valgus phalangien :
Critères subjectifs :	• Valgus inter-phalangien :
·	• Etalement de la palette métatarsienne :
Résultat esthétique	• DMAA:
☐ Très bon	• DM2AA:
□ Bon	
☐ Moyen	Angle de DJIAN-ANNONIER:
□ Mauvais	Angle cunéo-métatarsien :
Résultat su la douleur :	Angle d'inclinaison de la surface
☐ Très bon	articulaire distale du cunéiforme:
\square Bon	• Angle d'inclinaison de la base de M1 :
□ Moyen	
☐ Mauvais	Position du sésamoïde latéral (Radio de
	face):
Résultat sur le chaussage :	☐ Normale
☐ Très bon	□ Subluxation
□ Bon	☐ Luxation
□ Moyen	Incidence de GUNTZ:
□ Mauvais	 Position du sésamoïde latéral : □ Normale
Critères objectifs :	
·	Angle de rotation des sésamoïdes :
Score de KITAOKA :	• Angle de rotation du 1 ^{er} métatarsien :
	Retentissement sur les rayons latéraux :
Radiologie:	Minéralisation osseuse :
Bilan radiologique :	□ Normale
☐ Radiographies face+profil en charge	
☐ Incidences de GUNTZ	☐ Déminéralisation
	□ Ostéoporose
Interprétation radiologique :	
Articulation métatarso-phalangienne	Consolidation:
(1 ^{er} rayon):	
	Matériel d'ostéosynthèse :
\square Normal \square Pincement \square Arthrose	□ Position :
Articulation inter-phalangienne (1er rayon): ☐ Normal ☐ Pincement ☐ Arthrose	☐ Taille :

Mesures angulaires pré-opératoires

Annexe 2 : Score de KITAOKA / AOFAS

DOULEUR (40 points)	
DOULEUR (40 points)	
Aucune douleur	40
Légère, occasionnelle	30
Moyenne, quotidienne	20
Vive presque toujours présente	00
FONCTION (45 points)	
Limitation d'activités :	
Aucune limitation	10
Pas de limitation des activités quotidiennes telles que le travail	07
Limitation des activités quotidiennes et des loisirs	04
Limitation sévère des activités quotidiennes et des loisirs	00
Exigence des chaussures:	
A la mode, chaussures classiques, ne nécessitant pas «d'orthèse interne»	10
Chaussures de confort, « orthèse interne » de chaussure	05
Chaussures modifiées ou à armature (orthopédique) 0	00
Mouvement de l'articulation métatarso-phalangienne (dorsiflexion plus flexion plan	ntaire) :
Normal ou limitation légère : 75° de mobilité ou plus	10
Limitation moyenne : (30-74°)	05
Limitation sévère (moins de 30°)	00
Mouvement de l'articulation interphalangienne (flexion plantaire) :	
Pas de limitation	05
Limitation sévère (moins de 30°)	00
Stabilité des métatarso-phalangiennes et interphalangiennes (toutes directions) :	
Stable	05
Définitivement instable ou possibilité de luxation	00
Callosité liée à l'hallux métatarso-phalangien ou interphalangien :	
Pas de callosité ou callosité asymptomatique	05
Callosité symptomatique	00
ALIGNEMENT (15 points)	
Bon, hallux bien aligné	15
Assez bon, quelques degrés de mauvais alignement observé, pas de symptôme	08
Médiocre, mauvais alignement symptomatique évident	00
TOTAL (100 points)	
Interprétation du score :	
Résultats excellents : 90-100 Points	
Résultats bons : 75-89 Points	
Résultats moyens : 60-74 Points	

Références bibliographiques :

- [1] Y. Stiglitz et C. Cazeau, Fondamentaux géométriques de l'hallux valgus et options chirurgicales. In Y. Stiglitz et C. Cazeau. Chirurgie mini invasive du pied. paris 2014. p 43-51.
- [2] Montagne P. Historique De La Chirurgie De L'Hallux Valgus. Encycl Med Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Podologie, 27-080-A-29, 2001, 10p.
- [3] L. S. Barouk et P. Barouk, *Reconstruction de l'avant-pied*. Paris, Berlin, Heidelberg [....] : Springer, 2005.
- [4] Laffenêtre O, Solofomalala G, de Lavigne C, Bauer T. Hallux valgus : définition, physiopathologie, études clinique et radiographique, principes du traitement. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14-126-A-10, 2009.
- [5] P. Beaudet. Epidémiologie de l'hallux valgus dans le monde. in: Piclet-Legré B, Graff W. Hallux valgus: Mises au point de l'AFCP. Elsevier Health Sciences. 2017. p. 21-24.
- [6] S. Nix, M. Smith, B. Vicenzo, Prévalence of hallux valgus in général population: a systematic revieu and meta-analysis. Journal of foot and Ankle Research 2010; 27 (3): 21.
- [7] Lopez A.A., Goldcher A. Historique de la compréhension de la biomécanique du pied nu. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris) Podologie, 27-010-10, 2010.
- [8] Kristen, K.-H., Berger, K., Berger, C., *et al.* The first metatarsal bone under loading conditions: a finite element analysis. *Foot and ankle clinics*, 2005, vol. 10, no 1, p. 1-14.
- [9] GALMICHE, Paul et GALMICHE, Jacqueline. La saga du pied. Erti, 1983.
- [10] kamina, P. Anatomie Générale, Membres. Paris: Maloine, 2009.
- [11] Logan, B. M., Bowden, D., & McMinn, R. M. H. (2018). *McMinn's Color Atlas of Lower Limb Anatomy*. Elsevier.
- [12] Sarrafian SK. Anatomy of the foot and ankle: Descriptive, Topographic, Functionnal. Lippincott Williams & Wilkins. 1993.
- [13] Maestro M., Besse J-L., Leemrijsé T. Biomécanique du gros orteil ou hallux. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Podologie, 27-010-A-50, 2008.
- [14] Maestro M., Besse J-L., Leemrijsé T., Ferré B. Biomécanique de l'avant-pied. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Podologie, 27-010-A-40, 2010.
- [15] Valérius KP., Franck A., Kolster B.C., Hirsch M.C., Hamilton C., Lafont E.A. Les Muscles: anatomie fonctionnelle des muscles de l'appareil locomoteur. Paris: Maloine, 2004.
- [16] Baron Sarrabère M-P., Hoa D., Thouvenin Y., Cytéval C. Radioanatomie du pied. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris). Radiologie et imagerie médicale- musculosqueuletique-neurologique- maxillofaciale, 30-400-A-10, 2010.
- [17] T. Leemrijse, J.-L. Besse, B. Devos Bevernage, B. Valtin, A. Barnaud, et B. Lengelé, *Pathologie du pied et de la cheville*, 2e éd. mise à jour. Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson, 2015.
- [18] Michel Maestro, Solène Frey-Olivier, Marti Schramm, « Quoi de neuf sur les prothèses métatarso-phalangiènne du premier rayon », in *l'avant-pied en 15 questions*, in elsevier. P 21-37, 2022.

- [19] Lelièvre J, Lelièvre JF, pathologie du pied, Masson. 1981.
- [20] Mainar D., Maynou C.L'avant-pied en 15 questions. Elsevier Masson. Paris, 2022.
- [21] Bejjani FJ, Saillard P et Diebold P. Biomécanique de l'avant-pied. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Podologie, 27-010-A-40, 2000. 8p.
- [22] Curvale G, Groulie Rp, Rochwerger A Et Picletlegre B. Hallux valgus. Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Podologie, 27-080-A-30, 1999, 6 p.
- [23] J L Besse, M, Maestro, M, Ragusa.Radiographie standard et pathologie de l'avant-pied, in *chirurgie de l'avant pied*, *cahiers d'enseignement de la SOFCOT.*, 2005. p
- [24] Barouk Ls. Notre Expérience de l'Ostéotomie "scarf" des Premier et Cinquième Métatarsiens. Méd Chir Pied Expansion scientifique française. 1992;8:67-84.
- [25] Thevenin F, Morvan G. Radiologie et hallux valgus (chapitre 5). MASSON (ed). Hallux valgus mise au point de l'association française de chirurgie du pied : 2017 Elsevier Masson SAS Paris. PP 33-60.
- [26] S. Stiglitz, C. Cazeau, C. Piat, physiopathologie: instabilité cunéo-métatarsienne primitive, in *hallux valgus*, elsevier masson, 2017.
- [27] M. Bénichou. Radiologie et l'hallux valgus, métrologie de l'hallux valgus. In *hallux valgus*, Elsevier masson., 2017, p. 44-57.
- [28] Y. Tourné. Arthrodèse métatarso-phalangienne du remier rayon. in *pathologie du pied et de la cheville*, 2ème édition., elsevier masson, 2015, p. 157-161.
- [29] J-L; Besse. Radiologie et hallux valgus: exigences du chirurgien », in *hallux valgus*, Elsevier-Masson., 2017, p. 38-44.
- [30] J.A. Colombier. Hallux valgus: rappel historique et evolution du traitement », in *hallux valgus*, Elsevier- Masson, 2017, P 87-92.
- [31] L.S. Barouk, P. Barouk. SCARF du premier metatarsien. In *pathologie du pied et de la cheville*, 2ème édition., elsevier masson, 2015.
- [32] Augoyard, R. Maestro, M. Hallux valgus. Les mises au point de l'AFCP. Chapitre 11: Libération latérale dans la chirurgie de l'hallux valgus. Elsevier Masson 2017.p. 99-106.
- [33] L.S. Barouk, P. Barouk, B. Baudet, E. Toullec. Ostéotomie SCARF du premier métatarsien et ostéotomie de la première phalange pour la correction de l'hallux valgus. In chirurgie de l'avant-pied, cahiers d'enseignement de la SOFCOT, 2005.
- [34] G. Curvale. Traitement de l'hallux valgus selon la technique de Mac Bride modifiée. In chirurgie de l'avant-pied: cahier d'enseignement de la SOFCOT, 2005.
- [35] M. Bénichou. Ostéotomie de P1. In hallux valgus, Elsevier Masson. 2017, p. 113-121.
- [36] G. Curvale. Traitement de l'hallux valgus selon la technique de MAC BRIDE modifiée. In pathologie du pied et de la cheville, 2ème édition., elsevier-Masson.2015. p112-117.
- [37] B. Baudet. Ostéotomie de la première phalange dans la chirurgie de l'hallux valgus. In pathologie du pied et de la cheville, 2ème édition., elsevier masson, 2015, p. 107-111.
- [38] Bauer T., Lafenettre O., de Lavigne C. Ostéotomies métatarsiènnes. EMC (Elsevier Masson SAS Paris), Technique chirurgicales Orthopédie Traumatologie, 44-923, 2008.
- [39] W. Graff. Ostéotomie SCARF. in: Piclet-Legré B, Graff W. Hallux valgus: Mises au point de l'AFCP. Elsevier Health Sciences. 2017. p 139-147.
- [40] Kihal . M, Kara. Z, Taibi.A. L'ostéosuture dans le traitement actuel de l'hallux valgus: à propos de 17 cas. Revue Algérienne de Chirurgie Orthopédique. Mai 2016. P46.

- [41] Spratt, Jonathan, Salkowski, Lonie R., Loukas, Marios, et al. Weir & Abrahams' Imaging Atlas of Human Anatomy E-Book: Weir & Abrahams' Imaging Atlas of Human Anatomy E-Book. Elsevier Health Sciences, 2020.
- [42] Besse, J.-L. et Maestro, M. Ostéotomies Scarf du 1er métatarsien. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur*, 2007, vol. 93, no 5, p. 515-523.
- [43] Freslon M, Gayet L E, Bouche G, Hamcha H, Nebout J, P. Pries P. (2005) Ostéotomie Scarf dans le traitement de l'hallux valgus À propos de 123 cas avec un recul moyen de 4,8 ans.Revue de chirurgie orthopédique .2005, 91, 257-266.
- [44] Bajard X, Marchaland Jp, Ollat D, Versier G. (2008). Traitement chirurgical de l'hallux valgus par ostéotomie métatarsienne : à propos de 85 pieds. Med Chir Pied. 2008 DOI 10.1007/s10243-008-0168-1
- [45] Berg Robert P., Olsthourn Paul G M., Ruud G. POll. scarf osteotomy in hallux valgus: a review of 72 cases. acta Orthopedica Belgica. 2007. 73-2-, 219-223, 11.
- [46] Piqué-Vidal, Carlos, Solé, María T., Et Antich, Jaume. Hallux valgus inheritance: pedigree research in 350 patients with bunion deformity. *The Journal of foot and ankle surgery*, 2007, vol. 46, no 3, p. 149-154.
- [47] Marques B. Ostéotomie de scarf dans l'hallux valgus : comparaison de deux séries homogènes et continues de patients avec et sans fixation. (Thèse). Faculté de médecine de Grenoble . 2015
- [48] Yahia Cherif Mohamed. Traitement de l'hallux valgus par la méthode de SCARF. Thèse de Doctorat en sciences médicales. Université d'Alger. 2015
- [49] Boussaidane. M, Chafry. B, Makaoui . J, benchebba. D, Boussouga .M. L'ostéotomie de SCARF dans le traitement de l'hallux valgus: ostéosynthèse versus ostéosuture, A propos de 60 cas. revue Marocaine de chirurgie Orthopédique et traumatologique. 2017, 66. P 43-61.
- [50] Lamine, Kandjera Et Rabah, Pr Atia. HALLUX VALGUS DE L'ADULTE, PLACE DE L'OSTEOTOMIE DE SCARF (Etude Retrospective Et Prospective). 2018.
- [51] Silva, Bruno Air, Zandona, Daniel Almeida, Siqueira, Diego Brandão, *et al.* Scarf osteotomy for hallux valgus correction: radiological and clinical analysis. *Acta Ortopédica Brasileira*, 2022, vol. 30.
- [52] Rouveyrol, Mathias, Harrosch, Sylvain, Curvale, Georges, *et al.* Does screwless scarf osteotomy for hallux valgus increase the risk of transfer metatarsalgia?. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 2021, vol. 107, no 6, p. 102853.« Rouverol.pdf ».
- [53] Bouzidi, Tarek Et Bouzitouna, Mahdjoub. *Traitement chirurgical de l'Hallux-valgus*. 2022. Thèse de doctorat. Université Constantine 3 Salah Boubnider, Faculté de médecine.
- [54] Mazzotti, Antonio, Zielli, Simone Ottavio, Abdi, Pejman, *et al.* Severe hallux valgus can be treated using a distal metatarsal osteotomy: Results of 144 cases treated with the SERI technique. *Foot and Ankle Surgery*, 2023, vol. 29, no 6, p. 455-461.
- [55] Mahchouche Siham. Ostéotomie de SCARF versus ostéotomie en chevron dans la prise en charge chirurgicale de l'hallux valgus. Thèse de Doctorat en sciences médicales. Université de Blida 1. 2023.
- [56] Menz, Hylton B. Et Lord, Stephen R. Gait instability in older people with hallux valgus. *Foot & ankle international*, 2005, vol. 26, no 6, p. 483-489.

- [57] Coughlin, Michael J. Et Jones, Caroll P. Hallux valgus: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot & ankle international*, 2007, vol. 28, no 7, p. 759-777.
- [58] Crevoisier, Xavier, Mouhsine, Elyazid, Ortolano, Vito, *et al.* The scarf osteotomy for the treatment of hallux valgus deformity: a review of 84 cases. *Foot & ankle international*, 2001, vol. 22, no 12, p. 970-976.
- [59] Bellaaj, Zied, Dhia, Skander Ben, Allagui, Mohamed, *et al.* Place des gestes associés à l'ostéotomie de Scarf dans le traitement de l'hallux valgus. *Pan African Medical Journal*, 2018, vol. 31, no 1.
- [60] Bolzinger, Manon, Thevenin-Lemoine, Camille, Gallini, Adeline, *et al.* Abnormalities in distal first metatarsal joint surface orientation: Distal Metatarsal Articular Angle and Distal Metatarsal-2 Articular Angle. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 2021, vol. 107, no 6, p. 102938.
- [61] Samama, C. M., Gafsou, B., Jeandel, T., *et al.* Prévention de la maladie thromboembolique veineuse postopératoire. Actualisation 2011. Texte court French Society of Anaesthesia and Intensive Care. Guidelines on perioperative venous thromboembolism prophylaxis. Update 2011. Short text. In: *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*. 2011. p. 947-951.
- [62] Jardé, O., Vernois, J., Coursier, R., *et al.* Résultats sur les métatarsalgies du traitement de l'hallux valgus par ostéotomie SCARF avec abaissement du 1 er métatarsien À propos de 37 patients avec un recul moyen de 3 ans. *Médecine et chirurgie du pied*, 2005, vol. 3, no 21, p. 118-123.
- [63] Bonnel, F., Canovas, F., Poirée, G., *et al.* Evaluation de l'osteotomie scarf pour hallux valgus en fonction de l'angle articulaire distal metatarsien: Etude prospective sur 79 cas operes. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur*, 1999, vol. 85, no 4, p. 381-386.
- [64] Kristen, K. H., Berger, C., Stelzig, S., *et al.* The SCARF osteotomy for the correction of hallux valgus deformities. *Foot & ankle international*, 2002, vol. 23, no 3, p. 221-229.
- [65] Gonzalez, Jean-François, Rochwerger, Alexandre, Demortière, Eric, *et al.* 287 Ostéotomie de type scarf pour hallux valgus: l'ostéosynthèse est-elle indispensable?. *Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice de l'appareil moteur*, 2007, vol. 93, no 7, p. 155.
- [66] Ouaggag, A., Boughzala, W., Zeghdoud, M., *et al.* L'ostéotomie Scarf sans ostéosynthèse dans le traitement de l'hallux valgus. *Médecine et Chirurgie du Pied*, 2015, vol. 31, p. 73-81.
- [67] Agoumi, O., Boutayeb, F., Elmrini, A., *et al.* Ostéotomie Scarf dans la cure de l'hallux valgus. *Rev Maroc Chir Orthop Traumatol*, 2006, vol. 27, p. 25-27.
- [68] Leemrijse, T., Maestro, M., Tribak, K., *et al.* L'ostéotomie SCARF sans ostéosynthèse dans Le traitement de l'hallux valgus. *Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique*, 2012, vol. 98, no 8, p. 827-833.
- [69] F. Lintz. La littérature en 2015: doutes et certitudes. In hallux valgus. 2017. Elsevier Masson SAS Paris.p 217-223.
- [70] Toullec E, Themar-Noel C, Darcel V. Physiopathologie de l'hallux valgus (chapitre 1). MASSON (ed). Hallux valgus mise au point de l'association française de chirurgie du pied : 2017 Elsevier Masson SAS Paris. PP 01-13.

- [71] Kowalski, C. L'examen clinique du pied. *M decine et Chirurgie du Pied*, 2008, vol. 24, no 1, p. 10-15.
- [72] Hassoun A. Ouabid Y. El Andaloussi M, Arssi A. Largab (2007) Ostéotomie Scarf dans le traitement de l'hallux valgus : à propos de 26 cas. Med Chir Pied 2007 DOI 10.1007/s10243-007-0111-x J.
- [73] Graff W. Ostéotomie SCARF (chapitre 16). MASSON (ed). Hallux valgus mise au point de l'association française de chirurgie du pied : 2017 Elsevier Masson SAS Paris. PP 139-147.
- [74] Leemrijse T, Valtin B, Besse Jl. La chirurgie de l'hallux valgus en 2005. Chirurgie conventionnelle, mini invasive ou percutanée ? Uni ou bilatérale ? Hospitalisation ou ambulatoire ? Rev Chir Orthop 2008.
- [75] Demarchelier R, Besse JI, Fessy Mh: Scarf osteotomy versus métatrsophalangéal arthrodesis in forefoot first ray desordres: comparison of functional outcomes. Orthop Traumatol Surg Res. 2012; 98 (6 Suppl): S77-84.
- [76] Benichou M. (2007) .Traitement chirurgical de l'hallux valgus par mini-abord Principes et techniques opératoires. Med Chir Pied. 2007 DOI 10.1007/s10243-007-0140-5
- [77] Hammel E, Abi Chala Ml, Wagner T. (2007). Complications des ostéotomies du premier rayon à propos d'une série continue de 475 pieds traités par ostéotomies du premier métatarsien (Scarf) et de la première phalange. Revue de chirurgie orthopédique. 2007, 93, 710-719 MÉMOIRE
- [78] Besse J L, Maestro M. (2007). Ostéotomies SCARF du 1er métatarsien. Revue de chirurgie orthopédique. 2007, 93, 515-523
- [79] Jarde O, Vernois J, Basse G, Dumas J, Boustani H. (2004). Étude radiologique de face des métatarsiens en charge sur un pied normal et porteur d'un hallux valgus. Med Chir Pied 2004
- [80] Eulry F. Examen clinique du pied et de la cheville. Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Podologie, 27-030-A-10, 1999, 6p.
- [81] Jarde O, Trinquier-Lautard Jl, Gabrion A, Ruzic Jc, Vives P. Hallux valgus treated by Scarf osteotomy of the first metatarsus and the first phalanx associated with an adductor plasty. Apropos of 50 cases with a 2-year follow up. Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur. 1999;85:374-80.
- [82] Baudet B. Place de l'ostéotomie de la première phalange dans la chirurgie de l'hallux valgus. Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur. 2003; 89
- [83] Weil L S, Borelli A N. Modified scarf bunionectomy; our experience in more than 1000 cases. J Foot Surg, 1991, 30, 609-622. 3.
- [84] Barouk L S: Notre expérience de l'ostéotomie « Scarf » des premiers et cinquième métatarsiens. Med Chir Pied, 1992, 8, 67-84. 4.
- [85] Cherrad T. L'ostéotomie de scarf sans matériel d'ostéosynthèse dans le traitement de l'hallux valgus : à propos de 33 cas. [MEMOIRE]
- [86] Diaz Fernandez R. Use of a percutaneous osteotomy with plate fixation in hallux valgus correction, Foot Ankle Surg (2017),dx.doi.org/10.1016/j.fas.2017.09.002
- [87] Dereymareker G: Sscarf osteotomy for correction of hallux valgus: surgical technique and results as compared to distal chevron osteotomy. Foot ankle clin, 2000, 5,513-524.

- [88] Jarde O, Trinquier-Lautard Jl, Gabrin A,Rusic Jc, Vives P. Hallux valgus traité par une ostéotomie scarf du premier métatarsien et de la première phalange, associée à une plastie de l'adducteur. Rev Chir Orthop 1999,85;374-380.
- [89] Giannini S, Faldini C, Nanni M, Di Martino A, Luciani D, Vannini F. A Minimally invasive technique for surgical treatment of hallux valgus. Int Orthop. 2013 Sep;37(9):1805–13.
- [90] Maffulli N, Longou G, Oliva F, Denaro V, Coppola C. Bosch. Osteotomy and scarf osteotomy for hallux valgus correction. Orthop Clin North Am. 2009 Oct; 40 (4): 515–524.
- [91] Magnan B, Bortolazzi R, Samaila E, Pezze L, Rossi N, Bartolozzi P. Percutaneous distal metatarsal osteotomy for correction of hallux valgus. Surgical technique. J Bone Joint Surg Am. 2006 Mar;88 Suppl 1 Pt 1:135–48.
- [92] Boussakri, Hassan, Bachiri, Mohammed, Elidrissi, Mohammed Yahya, *et al* L'ostéotomie de scarf dans le traitement de l'hallux valgus: à propos de 19 cas. *Pan African Medical Journal*, 2014, vol. 19, no 1.
- [93] El Mezouar I, Abourazzak F Z, Harzy T. L'hallux valgus : Mise au point. Rev Mar Rhum 2014; 28: 30-8
- [94] Stanekova K, Assal M, Crevoisier X. Traitement de l'hallux valgus basé sur l'évidence. Rev Med Suisse 2017; 13: 2158-63.
- [95] Boudjellal N, Yahia Cherif M, Amghar M, et al. Hallux valgus : actualités thérapeutiques. 27^{ème} congrès de la Société Algérienne de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique, table ronde. 2020, Oran.
- [96] Laffenêtre, O. Et Chauveaux, D. Insuffisance du premier rayon. *EMC-Podologie*, 2005, vol. 1, no 1, p. 1-11.
- [97] Plaweski S, Eid A, Faure C, et al. (1998) Traitement de l'hallux valgus par l'ostéotomie Scarf. A propos de 120 cas. Rev Chir Orthop 84(suppl 2) 67.
- [98] Maestro M, Augoyard M, Barouk Ls, Bénichou M, Perot J, Ragusa M et al. Biomécanique et repères radiologiques du sésamoïde latéral par rapport à la palette métatarsienne. Med Chir Pied, 1995, 11, 145-154. 5.
- [99] Perugia D, Basile A, Gensini A, Stopponi M, Minniti De Simeonibus AU: The Scarf osteotomy for severe hallux valgus. Int Orthop (SICOT), 2003, 27, 103-106
- [100] Roussignol X, Coillard JY, Diebold P, et al. (2006) Utilisation du nouvel angle DM2AA pour la planification thérapeutique de l'hallux valgus. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 92(4 suppl): 92-113
- [101] Maestro M, Augoyard M, Barouk LS, et al. (1995) Biomécanique et repères radiologiques du sésamoïde latéral de l'hallux par rapport à la palette métatarsienne. Méd Chir Pied 11: 145-54
- [102] Bénichou M: Réflexions autour de la chirurgie percutanée de l'hallux valgus. Maitrise orthopédique, 159(12-15), 2006.
- [103] Darcel V. Prise en charge des métatarsalgies statiques par ostéotomie distale percutanée: suivi prospectif de 241 pieds. Edited, Bordeaux 2, 2008.

- [104] Malatray, Matthieu, Fessy, Michel Henri, Et Besse, Jean-Luc. Vis versus plaque dans l'ostéotomie Scarf pour le traitement de l'hallux valgus: étude comparative. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*, 2018, vol. 104, no 5, p. 512-518.
- [105] Potier, Denise. Guide pratique de podologie. *Québec: Presses de l'Université du Québec*, 2002.
- [106] Serra-Tosio, Géraldine. *Repères et mesures en imagerie ostéo-articulaire*. Elsevier Masson, 2012.
- [107] Bouysset, Maurice (ed.). *Pathologie ostéo-articulaire du pied et de la cheville:* approche médico-chirurgicale. Paris : Springer, 2004.
- [108] Kapandji, Adalbert Ibrahim. *Anatomie fonctionnelle, vol. 2: Membre inférieur*. Maloine, 2021.
- [109] Hammoudi, Si Salah. Le cours d'anatomie. Descriptive, topographique et fonctionnelle. Appareil locomoteur 1 membre supérieur. *Auto-édition. HS*.
- [110] Kilmartin, Timothy E. Et Wallace, W. Angus. The aetiology of hallux valgus: a critical review of the literature. *The foot*, 1993, vol. 3, no 4, p. 157-167.
- [111] Simon, Virginie Et Piat, Christophe. Rappels sur l'hallux valgus. *L'actualité rhumatologique* 2022-2023, 2022, p. 65.
- [112] Tauveron, P. H. Et Lelièvre, G. Facteurs influençant l'architecture et l'aspect clinique du pied. In : *Annales de dermatologie et de vénéréologie*. Elsevier Masson, 2005. p. 749-753.
- [113] Charvet, R., Dederichs, A., Michel, B., *et al.* Hallux valgus et arthrose: corr lation anatomoradiologique. propos de 61 cas. *M decine et Chirurgie du Pied*, 2009, vol. 25, no 1, p. 27-31.
- [114] Sieloff, Matthew R., Tokarski, Alexander R., Elliott, Andrew D., *et al.* The incidence of Complications following scarf osteotomy for the treatment of Hallux Valgus: a systematic review with Meta-analysis. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 2023, vol. 62, no 4, p. 610-617.
- [115] Clarke, Thomas Ac Et Platt, Simon R. Treatment of hallux valgus by Scarf osteotomyrates and reasons for recurrence and rates of avascular necrosis: A systematic review. *Foot and Ankle Surgery*, 2021, vol. 27, no 6, p. 622-628.
- [116] Jastifer, J. R. Et Coughlin, M. J. Hallux varus, mise au point et traitement chirurgical. *Médecine et Chirurgie du Pied*, 2014, vol. 30, p. 41-48.
- [117] Darcel, Véronique Et Piclet-Legré, Barbara. Les déformations des orteils latéraux. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*, 2022.
- [118] Coughlin MJ, Thompson FM. The high price of high-fashion footwear. Instructional course lectures. 1995;44:371-7.
- [119] Robinson AH, Limbers JP. Modern concepts in the treatment of hallux valgus. The Journal of bone and joint surgery British volume. 2005;87:1038-45.Mise au point.
- [120] Hetherington VJ, Shields SL, Wilhelm KR, Laporta DM, Nicklas BJ. Absorbable fixation of first ray osteotomies. The Journal of foot and ankle surgery: official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons. 1994;33:290-4.

- [121] Barouk LS. Scarf osteotomy for hallux valgus correction. Local anatomy, surgical technique, and combination with other forefoot procedures. Foot and ankle clinics. 2000;5:525-58.
- [122] Weil LS. Scarf osteotomy for correction of hallux valgus. Historical perspective, surgical technique, and results. Foot and ankle clinics. 2000;5:559-80.
- [123] Maestro M, Besse JL, Ragusa M, Berthonnaud E. Forefoot morphotype study and planning method for forefoot osteotomy. Foot and ankle clinics. 2003;8:695-710.
- [124] Saragaglia D, Bellon-Champel P, Soued I, Tourne Y, Butel J. The role of a shortening osteotomy of the first phalanges associated with soft-tissue release in the surgical treatment of hallux valgus. Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur. 1990;76:245-52.
- [125] Barouk LS, Barouk P, Baudet B, Toullec E. The great toe proximal phalanx osteotomy: the final step of the bunionectomy. Foot and ankle clinics. 2005;10:141-55.
- [126] Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. Foot & ankle international. 1994;15:349-53.
- [127] Nestor BJ, Kitaoka HB, Ilstrup DM, Berquist TH, Bergmann AD. Radiologic anatomy of the painful bunionette. Foot & ankle. 1990;11:6-11
- [128] Fuhrmann RA, Zollinger-Kies H, Kundert HP. Mid-term results of Scarf osteotomy in hallux valgus. International orthopaedics. 2010;34:981-9.
- [129] Murawski CD, Egan CJ, Kennedy JG. A rotational scarf osteotomy decreases troughing when treating hallux valgus. Clinical orthopaedics and related research. 2011;469:847-53.
- [130] Robinson AH, Limbers JP. Modern concepts in the treatment of hallux valgus. The Journal of bone and joint surgery British volume. 2005; 87:1038-45.
- [131] Golightly YM, Hannan MT, Dufour AB. Foot disorders associated with overpronated and over-supinated foot function: the Johnston County osteoarthritis project. Foot Ankle Int 2014;35 (11):1159–65.
- [132] Nguyen US, Hillstrom HJ, Li W. Factors associated with hallux valgus in a population-based study of older women and men: the Mobilize Boston Study. Osteoarthritis Cartilage 2010;18(1):41–6.
- [133] Dufour AB, Casey VA, Golightly YM. Characteristics associated with hallux valgus in a population-based study of older adults. Arthritis Care Res 2014;66(12):1880–6.
- [134] Lyndon M, Stephens F. The Pathogenesis of Hallux Valgus, J Bone Joint Surg Am. 2011;93:1650-61
- [135] Hardy RH, Clapham JC. Observations on hallux valgus; based on a controlled series. J Bone Joint Surg Br 1951;33-B(3):376–91.
- [136] Rippstein PF, Park YU, Naal FD. Combination of first metatarsophalangeal joint arthrodesis and proximal correction for severe hallux valgus deformity. Foot Ankle Int 2012;33(5):400–5.
- [138] Shi K, Hayashida K, Owaki H. Replacement of the first metatarsophalangeal joint with a Swanson implant accompanied by open-wedge osteotomy of the first metatarsal bone for hallux valgus in rheumatoid arthritis. Mod Rheumatol 2007;17(2):110–4.

- [139] Schnepp J. Chirurgie de l'hallux valgus. Techniques Indications, Traité de Techniques chirurgicales Orthopédie-Traumatologie 1996:44-930.
- [140] Roy-Camille R, Lelièvre JF. Cure of hallux valgus by Petersen's technic. Nouv Presse Med 1974;3(6): 299–300.
- [141] Akin DF. The treatment of hallux valgus. A new operative procedure and its results. Medical sentinel 1925;33:678–9.
- [142] Mann RA, Rudicel S, Graves SC. Repair of hallux valgus with a distal soft-tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy. A long-term follow-up. J Bone Joint Surg Am 1992;74(1):124–9.
- [143] Barker AE. An operation for hallux valgus. Lancet 1984;1:655.
- [144] Hohmann G. Symtomatische oder physiologische Behandlung des Hallux Valgus. Mund Med Xschr 1921;68:1042–5.
- [145] Mitchell CL, Fleming JL, Allen R et al. Osteotomy-bunionectomy for hallux valgus. J. Bone Joint Surg 1958;40-A:41–60.
- [146] Austin D. Leventen: A new osteotomy for hallux valgus. Clin Orthop Relat Res 1981;1 57:25–30.
- [147] Burutaran JM. Hallux valgus y cotedad anatomica del primer metatarsano (correction quirurgical). Actual Med Chir Pied 1976;XIII:261–6.
- [148] Groulier P. Du traitement chirurgical de l'hallux valgus et de ses complications. Conférence de la SOFCOT 1993; 45:13–30.
- [149] Isham S. The Reverdin-Isham procedure for the correction of hallux abducto valgus. A distal metatarsal osteotomy procedure. Clin Podiatr Med Surg 1991;8:81–94.
- [150] De Prado M, Ripoll PL, Golano P. Hallux valgus. Cirurgia percutanea del pie. Barcelone: Masson; 2003. p. 57–94
- [151] Laffenêtre O, Golano P. GRECMIP: Introduction à la chirurgie mini-invasive du pied et de la cheville: pourquoi, comment, quand? E-mémoires de l'Académie nationale de chirurgie 2010;9(1):52-60.
- [152] Zygmunt KH, Gudas CJ, Laros GS: Z-bunionectomy with internal screw fixation. J Am Podiatr Med Assoc 1989;79(7):322–9.
- [153] Weil LS. Scarf osteotomy for correction of hallux valgus. Historical perspective. Surgical technique and results. Foot Ankle Clin 2000;5 (3):559–80.
- [154] Barouk LS. Notre expérience de l'ostéotomie « Scarf » des premier et cinquième métatarsiens. Med Chir Pied 1992;8:67–84.
- [155] Besse JL, Maestro M. Ostéotomie Scarf du premier métatarsien. Revue de Chirurgie Orthopedique 2007;93:515–23.
- [156] Lengelé B, Leemrijse TH. Anatomie chirurgicale du pied et de la cheville. Pathologie du pied et de la cheville. Ed Masson 2010, p. 17
- [157] Deland JT, Lee K-T, Sobel M. Anatomy of the Plantar Plate and Its Attachments in the Lesser Metatarsal Phalangeal. Joint Foot Ankle Int 1995;16 (8):480–6.
- [158] Ferré B, Deleu A. Hallux valgus : Les mises au point de l'AFCP. Chapitre 2 : Biomécanique normale et pathologique de la première métatarsophalangienne. Elsevier Masson 2017.p. 17. [46] Wolf P, Stacoff A, Liu A, et al. Functional units of the human foot

- [159] Tanaka Y, Takakura Y, Kumai T. Radiographic analysis of hallux valgus. A twodimensional coordinate system. J Bone Joint Surg Am 1995;77(2):205–13.
- [160] Nix SE, Vicenzino BT, Collins NJ, Smith MD. Characteristics of foot structure and footwear associated with hallux valgus: a systematic review. Osteoarthritis Cartilage 2012;20(10):1059–74.
- [161] Okuda R, Kinoshita M, Yasuda T et al. The shape of the lateral edge of the first metatarsal head as a risk factor for recurrence of hallux valgus. J Bone Joint Surg Am 2007;89(10):2163–72.
- [162] Coughlin MJ, Roger A. Mann A. Juvenile hallux valgus: etiology and treatment. Foot Ankle Int 1995;16 (11): 682–97.
- [163] Silfverskiold N. Reduction of the uncrossed twojoints muscles of the leg to one-joint muscles in spastic conditions. Acta Chir Scand 1924;56:315–30
- [164] Kowalski C, Diebold P, Pennecot G. Le tendon calcanéen court. Encyclopédie médicochirurgicale, Elsevier, Paris, 27-060-A-60, 1-15.
- [165] Digiovanni CW, Kuo R, Tejwani N et al. Isolated gastrocnemius tightness. J Bone Joint Surg Am 2002;84-A(6):962–70.
- [166] Barouk LS, Barouk P. Symposium « Brieveté des gastrocnémiens », journées de Printemps SFMCPAFCP, Toulouse, 2006.
- [167] Kaya D, Atay OA, Callaghan MJ et al. Hallux valgus in patients with patellofemoral pain syndrome. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2009;17(11):1364–7.
- [168] Menz HB, Roddy E, Marshall M et al. Epidemiology of Shoe Wearing Patterns Over Time in Older Women: Associations With Foot Pain and Hallux Valgus. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2016 [Epub ahead of print].
- [169] Sim-Fook L, Hodgson AR . A comparison of foot forms among the non-shoe and shoewearing Chinese population. J Bone Joint Surg Am 1958; 40- A(5):1058–62.
- [170] Shi K, Tomita T, Hayashida K, Owaki H. Foot deformities in rheumatoid arthritis and relevance of disease severity. J Rheumatol 2000;27 (1):84–9.
- [171] Goksel Karatepe A, Gunaydin R, Adibelli ZH et al. Foot deformities in patients with rheumatoid arthritis: the relationship with foot functions. Int J Rheum Dis 2010;13 (2): 158–63.
- [172] Banks HH. The management of spastic deformities of the foot and ankle. Clin Orthop Relat Res 1977;(122):70–6.
- [173] Fabeck LG, Zekhnini C, Farrokh D, et al. Traumatic HV following rupture of the medial collateral ligament of the first metatarsophalangeal joint: a case report. J Foot Ankle Surg 2002;41(2): 125–8.
- [174] Johal S, Sawalha S, Pasapula C. Post traumatic acute hallux valgus: a case report. Foot (Edinb) 2010;20(2–3):87–9.
- [175] Seligman RS, Trepal MJ, Giorgini RJ. HV secondary to amputation of the second toe. A case report. J Am Podiatr Med Assoc 1986;76(2):89–92.
- [176] Beyaert C, Henry S, Dautel G et al. Effect on balance and gait secondary to removal of the second toe for digital reconstruction: 5-year follow-up. J Pediatr Orthop 2003;23(1):60–4.
- [177] Schoenhaus HD, Cohen RS. Etiology of the bunion. J Foot Surg 1992;31(1):25–9.

- [178] Rush SM, Christensen JC, Johnson CH. Biomechanics of the first ray. Part II: Metatarsus primus varus as a cause of hypermobility. A three-dimensional kinematic analysis in a cadaver model. J Foot Ankle Surg 2000;39(2):68–77.
- [179] Largey, A., Ely, B., Et Bonnel, F. Les os sésamoïdes de l'hallux: du mythe à la fonction. *Med Chir Pied*, 2008, vol. 24, p. 28-38.
- [180] Radl R, Leithner A, Zacherl M et al. The influence of personality traits on the subjective outcome of operative halluxvalgus correction. Int Orthop 2004;28(5):303–6.
- [181] Maestro M, Hélix-Giordanino, M. Hallux valgus: Les mises au point de l'AFCP. Chapitre 4, Examen clinique de l'hallux valgus. Elsevier Masson 2017. p 26.
- [182] Song KM, Halliday SE, Little DG. The effect of limb-length discrepancy on gait. J Bone Joint Surg Am 1997;79(11):1690–8. [92] Maestro M. Biomécanique de l'avantpied. In: Chirurgie de l'avant-pied Cahier d'enseignement de la SOFCOT n° 89. Paris: Elsevier Masson; 2005. p. 23–38.
- [183] Bruno F, Examen standardisé du pied et de la cheville, 15eme Journée de l'AFCP, Journée des spécialités, 83eme congrès de la SOFCOT, Paris le 12 novembre 2008 communication-
- [184] Besse JL, Maestro M, Berthonnaud E, et al. Caractéristiques radiologiques de l'avantpied : pieds « normaux » versus hallux rigidus versus hallux valgus. Rev Chir Orthop 2002;88 (suppl n 6):2S52–53.
- [185] Agrawal Y, Desai A, Mehta J. Lateral sesamoid position in hallux valgus: Correlation with the conventional radiological assessment. Foot and Ankle Surgery 2011;17:308–11.
- [186] Pisani, G. Adducteur ou abducteur du gros orteil?. *M decine et Chirurgie du Pied*, 2007, vol. 23, no 2, p. 49-51.
- [187] Maestro M, Ferre B, Cazal J. Évolution de la technique de scarf dans le traitement chirurgical de l'hallux. Maîtrise Orthopédique n° 223, avril 2013.
- [188] Coughlin. MJ, Saltzman. CL, Nunley JA. Angular measurements in the evaluation of hallux valgus deformities: a report of the ad hoc committee of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society on angular measurements. Foot Ankle Int 2002;23(1):68–74.
- [189] Brage ME, Holmes JR, Sangeorzan BJ. The influence of X-ray orientation on the first mettarsocunei form joint angle. Foot Ankle 1994;15 (9):495–7.
- [190] Barouk LS. La femme et sa chaussure. In: Monographie de podologie. Paris: Masson; 1988. p. 91–106. [110] Savin J. Aspects techniques de la chaussure. EMC Podologie 2007;1–8. [Article 27-140- A-45].
- [191] Jones, S., Al Hussainy, H. A., Ali, F., *et al.* Scarf osteotomy for hallux valgus: a prospective clinical and pedobarographic study. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*, 2004, vol. 86, no 6, p. 830-836.
- [192] Migaud, H., Senneville, E., Gougeon, F., *et al.* Risque infectieux en chirurgie orthopédique. *EMC-Rhumatologie-Orthopédie*, 2005, vol. 2, no 2, p. 151-172.
- [193] Lee WC, Kim YM. Technique tip: lateral soft-tissue release for correction of hallux valgus through a medial incision using a dorsal flap over the first metatarsal. Foot Ankle Int 2007;28(8):949–51.
- [194] Maestro M, Ferre B, Cazal. J. Evolution de la technique de l'ostéotomie de Scarf dans le traitement chirurgical de l'hallux valgus. maitrise-orthopedique N°223 Avril 2013.

- [195] Dalat, Frédéric, Cottalorda, Frédéric, Besse, Jean-Luc, *et al.* L'arthrodèse métatarsophalangienne de l'Hallux corrige-t-elle l'angle intermétatarsien M1M2? Analyse d'une série continue de 208 arthrodèses de l'Hallux ostéosynthésées par plaque. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*, 2014, vol. 100, no 7, p. S239-S240.
- [196] Charvet R, Dederichs A, Michel B, George T, Coudane H, Delagoutte J P.: Hallux valgus et arthrose: corrélation anatomoradiologique. À propos de 61 cas. (2009). Med Chir Pied 2009 DOI 10.1007/s10243-009-0182-y
- [197] SCARF, Et. Evaluation Anatomique Et Fonctionnelle Du Traitement Chirurgical De L'hallux Valgus Selon La Technique De Bosch.
- [198] Malviya A, Makwana N, Laing P. Scarf osteotomy for hallux valgus is an Akin osteotomy necessary? Foot & Ankle Surgery 2007;13(4):177–81.
- [199] Shibuya N, Thorud JC, Martin LR. Evaluation of hallux valgus correction with versus without Akin proximal phalanx osteotomy. J Foot Ankle Surg 2016;55(5):910–4.
- [200] Barouk LS. Indications et techniques des ostéotomies extra-articulaires du gros orteil. Med Chir Pied 1988;4:147–54.
- [201] Coillard, J. Y., Laffenetre, O., Cermolacce, C., *et al.* Traitement chirurgical des métatarsalgies statiques par technique percutanée. *Cahiers d'enseignement de la sofcot, chirurgie de l'avant pied.*, 2005, vol. 89.
- [202] Mouton, A. Chirurgie percutanée de l'hallux valgus : Résultats d'une étude prospective de 88 interventions : Université bordeaux Victor Segalen année 2008.
- [203] Saragas NP. Clinical tip:postoperative dressing for hallux valgus surgery. Foot Ankle Int 2005; 26(10):899–900.
- [204] Lehnert B, Jhala G. The use of foam as a postoperative compression dressing. J Foot Ankle Surg 2005;44 (1):68–9.
- [205] JOCHUM, Denis. Quelle analgésie pour la reprise rapide de la marche?. *Anesthésie & Réanimation*, 2015, vol. 1, no 5, p. 441-450.
- [206] Griffiths JT, Matthews L, Pearce CJ. Incidence of venous thromboembolism in elective foot and ankle surgery with and without aspirin prophylaxis. J Bone Joint Surg Br 2012;94(2):210–4.
- [207] Samama CM, Gafsou B, Jeandel T. Recommandations formalisées d'experts. Prévention de la maladie thromboembolique veineuse postopératoire. Annales françaises d'anesthésie et de réanimation 2011;30:947–51.
- [208] Lalevée, M., Abdulmutalib, H. Sadik, Duparc, F., *et al.* Échec après prise en charge chirurgicale d'un hallux valgus: recherche des facteurs qui favorisent la récidive postopératoire de la déformation. Analyse de la littérature. *Médecine et Chirurgie du Pied*, 2016, vol. 32, no 2, p. 61-69.
- [209] Toullec. É, Colombier. J.A, Maestro. M. Complications du traitement chirurgical de l'hallux valgus Chapitre 23 Livre L'Hallux valgus Les mises au point de l'AFCP 2017, Ed Elsevier Masson SAS p 206-216
- [210] Graff W, Klouche S. Le changement de chaussage après chirurgie de l'hallux Monographie AFCP n° 5, 2009:115-122.
- [211] M. Tanane, M. Boussouga, H. Sghrouchni. L'osteotomie Scarf Dans Le Traitement De L'hallux Valgus (A propos de 30 cas) Rev. Maroc. Chir. Orthop. Traumato. 2005; 24: 18-20.

- [212] M.boussad, A.boulahouache, N.baouane. Ostéotomie scarf dans le traitement de l'hallux valgus à propos de 76 cas Communication 19éme congrès de la SACOT décembre 2012
- [213] Fridman R, Cain JD, Weil L Jr et al. Unilateral versus bilateral first ray surgery: a prospective study of 186 consecutive cases-patientsatisfaction, cost to society, and complications. Foot Ankle Spec 2009;2(3):123–9.
- [214] Davis MB, Blundell CM, Marquis CP et al. Interpretation of the scarf osteotomy by 10 surgeons. Foot Ankle Surg 2011;17(3):108–12.
- [215] Uchan, J. L. Règles de la prévention des infections nosocomiales en médecine et chirurgie du pied et de la cheville. *Médecine et chirurgie du pied*, 2010, vol. 26, no 3, p. 70-74.
- [216] Maestro M, Augoyard M, Barouk LS et al. Biomécanique et repères radiologiques du sésamoïde latéral par rapport à la palette métatarsienne. Med Chir Pied, 1995, 11, 145-154.
- [217] Saro, Carlos, Jensen, Irene, Lindgren, Urban, *et al.* Quality-of-life outcome after hallux valgus surgery. *Quality of life research*, 2007, vol. 16, p. 731-73

Summary:

Introduction-Objective:

Hallux Valgus corrective surgery ,never ceased to evolve and continues nowadays to experience growth and development in both technique and fixation material.

The SCARF osteotomy has risen quickly to a position where it is used as the reference technique for correcting all types of hallux valgus.

The aim of our research is to define precise ,clinical and radiological criteria allowing us to optimize the correction of hallux valgus deformities , in order to improve clinical ,radiological and above all functional outcomes in patients.

Materials and methods:

This is a prospective single-center ,single-operator study involving 122 patients ,with a total of 166 feet, aiming to assess the anatomoradiological and functional results of hallux valgus surgical correction by SCARF type metatarsal osteotomy and its variants , in the three planes of space.

Results:

The average age of our patients is 48 years, with female predominance and bilateral damage for the majority. The hereditary factor was found in 63% of the cases. Pain represents the main reason for consultation in every patient. The clinical study allows us to distinguish different cases of hallux valgus with or without impact on the lateral rays.

The objective of radiological interpretation is to understand the characteristics of hallux valgus and establish a radiological planification based on angular measurements which must always be linked to clinical data.

Discussion:

We can say that preoperative planning is very useful ,if not absolutely necessary to make very precise corrections , and limiting the risks of incidents and complications occurring during surgery. This certainly contributes to postoperative radiological, clinical and functional outcome improvement.

Conclusion:

The SCARF osteotomy is a reference technique suitable for all types of hallux valgus surgical correction, regardless of the severity of the deformity. The optimization of surgical procedures is possible thanks to rigorous preoperative planning.

Key Words: Hallux Valgus. SCARF osteotomy. Angular measurements. Preoperative planning. Angular correction. Functional outcome.