

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Université Constantine 3
Faculté de Médecine Pr B. BENSMAIL



ANNEE : 2021-2022

Thèse pour l'obtention du diplôme
de doctorat en sciences médicales

**Traitement chirurgical de l'Hallux-valgus :
Étude comparative entre l'ostéotomie Scarf
et l'ostéotomie en Chevron
Résultats d'une étude prospective de 62 interventions**

Par Docteur **Tarek BOUZIDI**

Maitre-assistant en chirurgie orthopédique et traumatologie

Sous la direction du Professeur : Mahdjoub BOUZITOUNA
(Faculté de Médecine de Constantine)

Membres du jury

Président : Professeur Chaouki DERDOUS (Faculté de Médecine-Batna 2)

Membre : Professeur Fayçal TRICHINE (Faculté de Médecine de Constantine)

Membre : Professeur Allaoua AMALOU (Faculté de Médecine-Sétif 1)

Membre : Professeur Abdeslem YAHIA (Faculté de Médecine de Annaba)

Soutenue le : 21 juin 2022

à Constantine

TABLE DES MATÈRES

1	<i>TABLE DES MATÈRES</i>	<i>b</i>
	<i>INTRODUCTION</i>	<i>1</i>
2	<i>ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DU PIED</i>	<i>2</i>
2.1	<i>Anatomie du pied</i>	<i>2</i>
2.2	<i>Anatomie et physiologie du premier rayon</i>	<i>3</i>
2.2.1	<i>L'Hallux</i>	<i>3</i>
2.2.2	<i>L'articulation métatarsophalangienne du premier rayon :</i>	<i>6</i>
2.3	<i>Muscles Intrinsèques du premier rayon</i>	<i>8</i>
2.3.1	<i>Muscle adducteur de l'hallux (ADDH) :</i>	<i>8</i>
2.3.2	<i>Muscle abducteur de l'hallux (ABDH) :</i>	<i>9</i>
2.3.3	<i>Muscle court fléchisseur de l'hallux (FHB) :</i>	<i>9</i>
2.4	<i>Muscles Extrinsèques du premier rayon</i>	<i>9</i>
2.5	<i>Vascularisation du premier rayon</i>	<i>12</i>
2.5.1	<i>Le réseau artériel à destinée osseuse de M1</i>	<i>12</i>
2.5.2	<i>La vascularisation des sésamoïdes médial et latéral :</i>	<i>13</i>
2.5.3	<i>La vascularisation de la phalange proximale :</i>	<i>13</i>
2.6	<i>Innervation de l'avant-pied</i>	<i>15</i>
3	<i>PATHOGÉNIE DE L'HALLUX VALGUS</i>	<i>15</i>
3.1	<i>Anatomie pathologique de l'Hallux valgus</i>	<i>17</i>
3.2	<i>Étiologies de L'Hallux valgus</i>	<i>22</i>
3.2.1	<i>Facteurs de risque extrinsèques</i>	<i>22</i>
3.2.2	<i>Facteurs de risque intrinsèques :</i>	<i>22</i>
3.2.3	<i>Conditions systémiques</i>	<i>23</i>
4	<i>ÉTUDE CLINIQUE</i>	<i>24</i>
4.1	<i>L'interrogatoire</i>	<i>24</i>
4.1.1	<i>Renseignements d'ordre administratif et personnels</i>	<i>24</i>
4.1.2	<i>Motif de consultation</i>	<i>25</i>
4.1.3	<i>Antécédents médicochirurgicaux et Facteurs de risque</i>	<i>25</i>
4.1.4	<i>L'état psychique et les traits de personnalité</i>	<i>25</i>
4.2	<i>L'examen clinique</i>	<i>25</i>
4.2.1	<i>Le canon de l'avant-pied</i>	<i>26</i>
4.2.2	<i>Le morphotype du pied</i>	<i>26</i>
4.2.3	<i>L'examen du premier rayon</i>	<i>26</i>
4.2.4	<i>L'examen des rayons latéraux</i>	<i>27</i>

4.2.5	<i>Le reste de l'examen du pied et du membre inferieur :</i>	27
5	RADIOGRAPHIE	32
5.1	<i>Radiographie dorsoplantaire du pied en charge</i>	32
5.2	<i>Radiographie de profil du pied en charge</i>	35
5.3	<i>Incidence axiale des Sésamoïdes de Walter-Müller-Guntz</i>	36
5.4	<i>Métriologie de l'Hallux valgus</i>	38
5.4.1	<i>Méthodes de mesure</i>	38
5.4.2	<i>Angles métatarsophalangien et intermétatarsien</i>	39
5.4.3	<i>Angles phalangiens</i>	40
5.4.4	<i>DMAA</i>	41
5.4.5	<i>DM2AA ou TASA</i>	41
5.4.6	<i>L'angle de rotation des sésamoïdes ou SRA :</i>	42
5.4.7	<i>L'angle cunéométatarsien</i>	44
6	CHIRURGIE DE L'HALLUX VALGUS	45
6.1	<i>Introduction</i>	45
6.2	<i>Techniques chirurgicales</i>	46
6.2.1	<i>Les interventions radicales :</i>	46
6.2.2	<i>Interventions conservatrices respectant la MTP1</i>	48
6.3	<i>Principes fondamentaux de la chirurgie de l'Hallux valgus</i>	51
6.3.1	<i>Release latérale</i>	52
6.3.2	<i>Exostosectomie (Bunionectomie)</i>	54
6.3.3	<i>Retention tissulaire médiale</i>	54
6.3.4	<i>Réaxation de M1</i>	55
6.3.5	<i>Réaxation de P1</i>	56
6.3.6	<i>Considérations du terrain régional et général</i>	56
6.4	<i>Ostéotomie de P1 d'Akin</i>	56
6.4.1	<i>Hallux valgus interphalangien</i>	57
6.4.2	<i>Techniques de l'ostéotomie phalangienne</i>	58
6.5	<i>L'ostéotomie en Chevron</i>	62
6.5.1	<i>Indications :</i>	62
6.5.2	<i>Coupes osseuses :</i>	63
6.5.3	<i>La translation osseuse</i>	66
6.5.4	<i>Variantes de l'ostéotomie en Chevron</i>	67
6.5.5	<i>Conclusion</i>	68

6.6	<i>L'ostéotomie Scarf</i>	69
6.6.1	<i>Définition</i> :	69
6.6.2	<i>Historique</i> :	70
6.6.3	<i>Indications</i>	71
6.6.4	<i>Technique</i>	72
6.6.5	<i>Conclusion</i>	76
6.7	<i>Complications de la chirurgie de l'Hallux valgus</i>	78
6.7.1	<i>Complications peropératoires</i>	78
6.7.2	<i>Complications post-opératoires communes</i>	78
6.7.3	<i>Conclusion</i>	83
6.7.4	<i>Complications spécifiques au Scarf</i>	83
6.7.5	<i>Complications spécifiques à l'ostéotomie en Chevron</i>	84
6.8	<i>Rééducation après chirurgie de l'Hallux valgus</i>	86
6.8.1	<i>En période postopératoire immédiate (48 à 72 heures)</i>	86
6.8.2	<i>En période de décharge de l'avant-pied (trois à six semaines)</i>	86
6.8.3	<i>En Période de remise en charge (04-06 semaines postopératoire)</i>	87
7	MATÉRIEL ET MÉTHODES	89
7.1	<i>Matériel</i> :	90
7.1.1	<i>Introduction</i>	90
7.1.2	<i>Objectifs</i> :	90
7.1.3	<i>Critères d'inclusion</i>	91
7.1.4	<i>Présentation des patients</i>	93
7.1.5	<i>Techniques chirurgicales</i>	103
7.2	<i>Méthodes</i> :	124
7.2.1	<i>Recueil des données</i>	124
7.2.2	<i>Analyse statistique</i>	127
8	RESULTATS	128
8.1	<i>Résultats des données cliniques</i>	129
8.1.1	<i>La douleur</i>	130
8.1.2	<i>L'apparence</i>	132
8.1.3	<i>Capacité Fonctionnelle</i>	134
8.1.4	<i>Boiterie par douleur</i>	135
8.1.5	<i>Mobilité du premier rayon</i>	135
8.1.6	<i>Force de préhension de l'hallux</i>	137

8.1.7	<i>Temps opératoire</i>	138
8.1.8	<i>Recul</i>	139
8.2	<i>Évaluation radiographique</i>	142
8.2.1	<i>Correction des angles HVA et IMA</i> :.....	143
8.2.2	<i>Correction des angles DMAA, DM₂AA, AD, M₁M₅</i>	145
9	<i>DISCUSSION</i>	148
9.1	<i>Données épidémiologiques</i>	149
9.2	<i>Données cliniques et radiographiques</i>	151
9.2.1	<i>L'ostéotomie Scarf</i> :	160
9.2.2	<i>L'ostéotomie en Chevron</i> :.....	161
9.2.3	<i>L'ostéotomie d'Akin</i> :.....	162
9.2.4	<i>La durée du temps opératoire</i> :.....	163
9.3	<i>Analyse des échecs et des complications</i>	165
9.3.1	<i>Complication peropératoires</i>	166
9.3.2	<i>Complication postopératoires précoces</i>	166
9.3.3	<i>Complication postopératoires tardives</i>	168
9.4	<i>Recommandations</i>	173
✓	<i>Qui opérer ?</i>	173
✓	<i>Quand opérer ?</i>	173
✓	<i>Quelle technique choisir ?</i>	174
10	<i>CONCLUSION</i>	175
11	<i>ANNEXES</i>	179
12	<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	187
13	<i>RÉSUMÉ</i>	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.

INTRODUCTION

L'Hallux valgus (HV) est la déformation la plus fréquemment rencontrée en pathologie de l'avant pied ; il comprend un ensemble d'anomalies architecturales à évolution spontanée défavorable, susceptibles de s'aggraver et de se décompenser anatomiquement et fonctionnellement (1)(2). Considéré au XIX^e siècle, comme un simple élargissement de l'articulation métatarsophalangienne du gros orteil (3); d'où le nom « *ognon* » (**Fig.1**) (*bunion deformity* en anglais) ; c'est grâce au chirurgien allemand le Docteur Carl Hueter (1882-1938) (**Fig.45**) que le terme « *Hallux Abducto Valgus* » fut introduit en 1887 (4), permettant une description correcte de la déformation comme une déviation latérale de l'hallux au niveau de la première articulation métatarsophalangienne (MTP1), associée à un varus métatarsien. Ce composant métatarsien a été mis au premier plan par Walter Truslow en 1925 (4)(5) en ajoutant le terme « *metatarsus primus varus* ». Cette définition est complétée en 1951 par Hardy (2)(7) qui introduit la notion de mesures angulaires à l'HV. Actuellement l'Hallux valgus est reconnu comme une déformation tridimensionnelle incluant une composante rotatoire de l'hallux (8). Il est défini par un angle entre la première phalange (P1) et le premier métatarsien (M1) supérieur à 15 degrés (*Hallux valgus Angle* : HVA); associé à un *metatarsus primus varus* où l'angle entre le premier et le deuxième métatarsien (M2) est supérieur à 9 degrés (*Intermetatarsal Angle* : IMA)(8). Ces deux éléments en présence d'une souffrance douloureuse sont une condition *sine qua non* de l'indication chirurgicale (10)(11). La prévalence de l'HV est estimée à 28.4 % et atteint même 74 % dans la population âgée de plus de 65 ans (12), avec une nette prédominance féminine (13). L'Hallux valgus peut devenir handicapant dans la vie quotidienne ; il augmente les troubles de l'équilibre et les risques de chute chez les personnes âgées (13). Le patient devient un amputé fonctionnel et n'a théoriquement plus accès à la performance sportive. Son traitement est chirurgical (15). Parmi les nombreuses techniques chirurgicales utilisées dans la réparation de cette déformation ; l'ostéotomie métatarsienne type « Scarf » et l'ostéotomie en « Chevron » sont les plus utilisées de nos jours, permettant une meilleure correction de la déformation, avec une bonne stabilité (14)(15). Par cette étude randomisée nous essayons de comparer ces deux ostéotomies en termes de

fiabilité et degrés de satisfaction des patients en mettant la lumière sur la facilité d'exécution, le temps opératoire, le pouvoir correcteur de chaque technique et la fréquence des complications.



Figure 1. *Hallux valgus* ou “ *The Bunion deformity* ”

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DU PIED

2.1 Anatomie du pied

Le pied est un assemblage d'os, 28 au total regroupés en tarses, métatarses et phalanges que l'on segmente en arrière, médio et avant-pied. C'est une structure à géométrie variable, supportant le poids du corps, et assurant la stabilité de l'appui, tout en s'adaptant aux surfaces irrégulières (16) (6). Les 38 articulations et 28 muscles (intrinsèques et extrinsèques) qui le composent permettent une déformabilité adaptative et une rigidification quasi instantanée des bras de leviers ostéofibreux nécessaires à la propulsion du corps et la création de mouvements. Il existe en fait deux pieds selon le concept longitudinal de Von Lanz et Pisani ; le pied calcanéen dédié à la stabilité et à l'appui, et le pied talien dédié à la mobilité et à la propulsion (**Fig.2**) (18). Tous les métatarsiens sont presque parallèles les uns aux autres (0° - 8°) ; M1 en est le plus court ; M2 est le plus long, son axe longitudinal représente la ligne médiane du pied. La flexion dorsale du pied est assurée essentiellement par le *Musculus Tibialis Anterior* (TA)

et accessoirement par les tendons des muscles extenseurs. A l'opposé ; la flexion plantaire est assurée par le triceps sural et accessoirement par les muscles fléchisseurs des orteils. Ce triceps sural est un muscle bi-articulaire dont la fonction est donc double : obtenir une flexion plantaire de la cheville et une flexion du genou de par l'insertion sur les coques condyliennes postérieures des muscles jumeaux (gastrocnémiens). Une anomalie d'amplitude de ces gastrocnémiens est ainsi directement responsable d'une surcharge de l'avant-pied et d'une hyperpression pathogène d'Hallux valgus (6). Les muscles varisants sont constitués essentiellement par le *Musculus Tibialis Posterior* (TP), mais aussi le TA. Les muscles valgisants sont constitués par les muscles péroniers. À ces muscles dits « longs » ou muscles extrinsèques du pied, qui s'insèrent tous au niveau du squelette jambier, il faut ajouter un grand nombre de muscles dits courts plantaires ou muscles intrinsèques du pied, dont l'insertion s'effectue au niveau de la grosse tubérosité calcanéenne, avec une distribution sur les métatarsiens et les phalanges, et qui contribuent aux modifications dynamiques, de la cambrure du pied, et à la force d'appui des orteils au sol (17).

2.2 Anatomie et physiologie du premier rayon

2.2.1 L'Hallux

Le gros orteil (ou hallux) situé à l'extrémité antéromédiale de l'avant-pied (**Fig.2**) est attaché à une chaîne ostéoarticulaire qui prolonge l'arche médiale, et appartient au pied talien (fonction propulsive). Il comprend deux phalanges articulées par une trochoïde, et il est connecté à toutes les structures d'amont (par huit muscles dont quatre intrinsèques), ce qui explique la finesse de son fonctionnement en tant qu'effecteur final du pas « c'est l'orteil de la performance »(19). En effet il est le support anatomique et fonctionnel des deux derniers pivots de la locomotion bipède, nécessaires pour l'accélération, la marche rapide et la course ; son atteinte dans l'Hallux valgus génère un handicap majeur. Il est le plus volumineux ; sa phalange proximale est annexé à l'appareil sésamoïdien, alors que sa phalange distale (P2) donne insertion aux tendons de l'*extensor hallucis longus* (EHL) et du *flexor hallucis longus* (FHL), principal moteur de flexion et de propulsion. L'hallux s'articule avec le premier métatarsien, qui est un des éléments osseux fondamentaux de l'arche médiale du pied, et qui

forme avec le premier cunéiforme (C1) ; le premier rayon (R1). C'est le métatarsien le plus court, le plus large et le plus mobile. Triangulaire à la coupe, il a une face latérale verticale très résistante (**Fig.3**) (18); sa préservation lors des coupes longitudinales permet d'avoir une poutre sagittale solide qui seule permet des larges déplacements et un grand potentiel de correction ; ceci est l'apanage de l'ostéotomie Scarf (**Fig.62B**) (21). Sa base réniforme s'articule avec le premier cunéiforme pour former la 1^{re} cunéométatarsienne (CM1).

-*L'orientation de l'hallux* dans le plan horizontal, est normalement en léger valgus par rapport à M1 (ou en abduction si l'on prend M2 comme référence). C'est le métatarsien le plus oblique. Sa tête dans le plan coronal est normalement tournée en légère pronation ce qui positionne le sésamoïde médial (SM) parallèle au sol (22).

-*Embryologiquement* lors du développement des métatarsiens chez le fœtus (entre le 3^e et 9^e mois de gestation) (**Fig.4**) il a été noté une diminution progressive de l'angle intermétatarsien (22). La divergence est en effet d'une trentaine de degrés au 2^e mois de vie intra-utérine et diminue progressivement pour évoluer vers un angle de 10° chez le nouveau-né et 6 et 9° en fin de croissance (22). Dans le plan sagittal, l'articulation CM1 s'accompagne également au cours de l'embryogenèse d'une modification de l'inclinaison du corps de M1 qui, partant d'une flexion plantaire de 45° lors des premiers mois de la vie intra-utérine, s'atténue progressivement lors de la croissance.

Ces différentes notions d'embryologie rendent parfaitement compte du grand nombre de variations anatomiques de positions de l'articulation cunéométatarsienne du 1^{er} rayon, de l'axe de la diaphyse de l'os et de l'inclinaison de sa surface articulaire distale, qualifiée par l'acronyme DMAA (*Distal Metatarsal Articular Angle*) (2) (21).

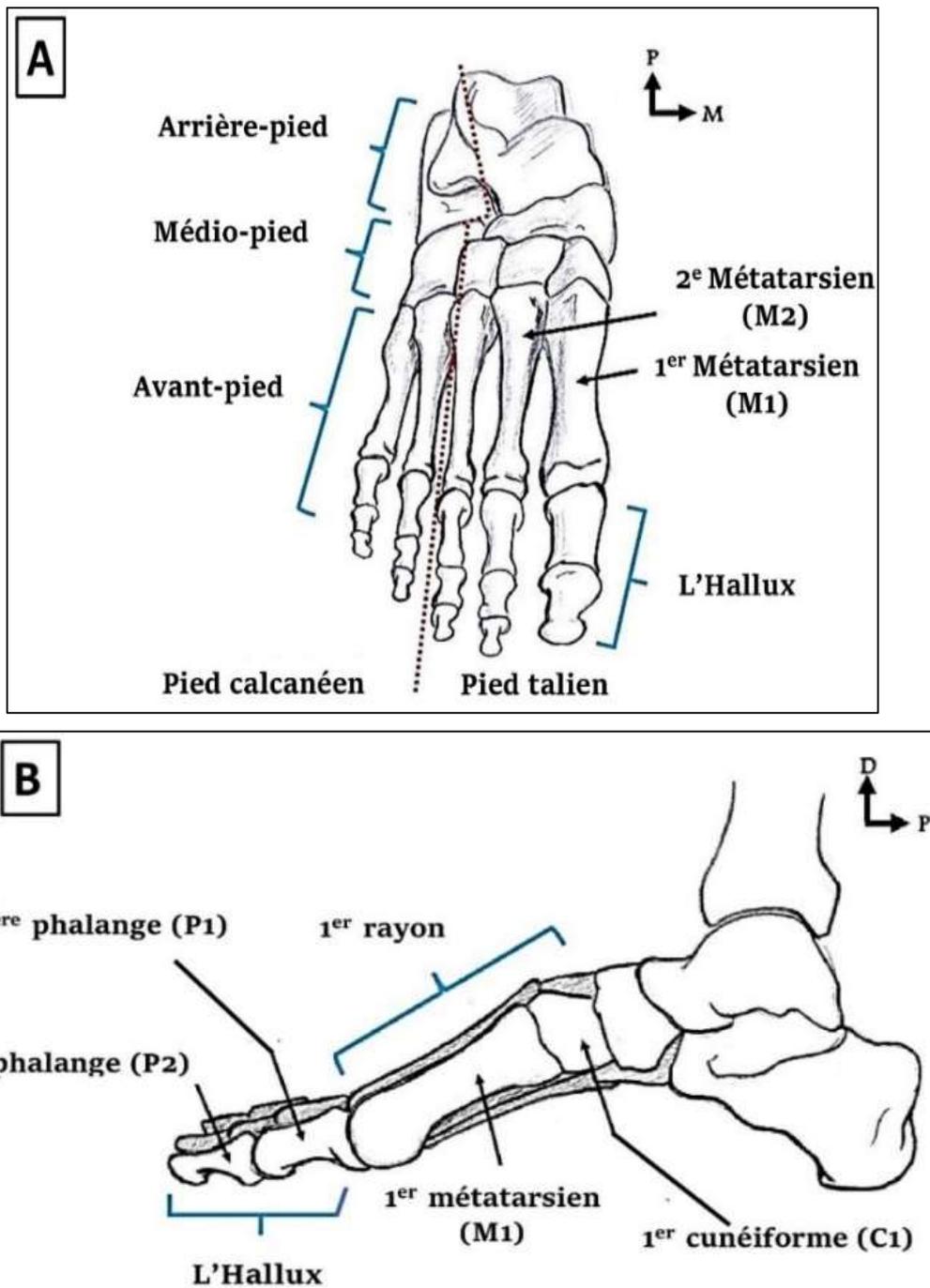


Figure 2. Structure osseuse du pied (droit : **A** : face dorsale, **B** : arche médiale du pied)

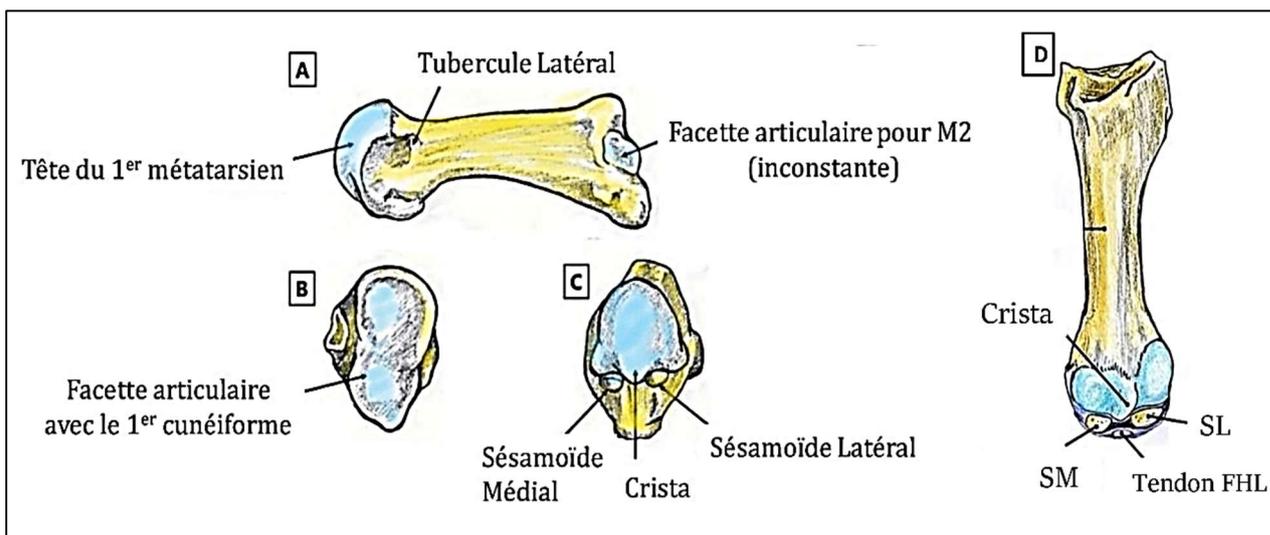


Figure 3. Premier métatarsien : (A) vue latérale. (B) vue postérieure. (C) surface articulaire de la tête de M1 avec sésamoïdes et crista. (D) vue plantaire.

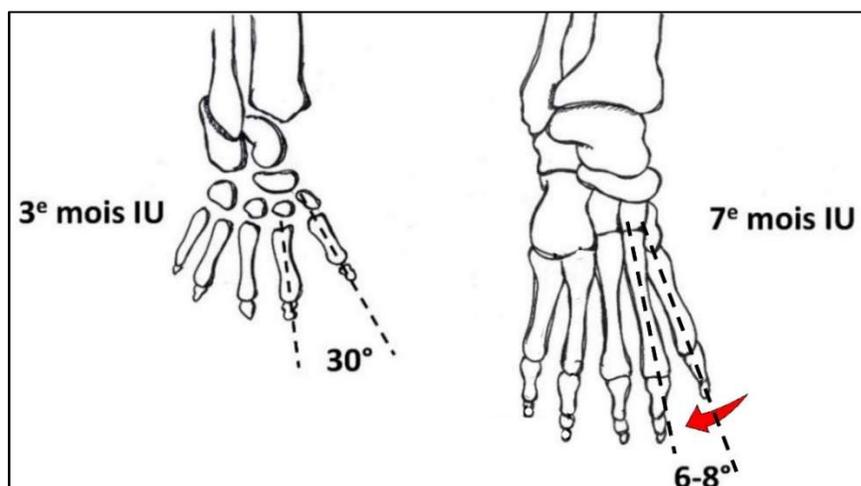


Figure 4. Morphogenèse du squelette de l'avant-pied. (D'après CR Bardeen) (23).

2.2.2 L'articulation métatarsophalangienne du premier rayon :

C'est un complexe articulaire qui comprend deux compartiments en continuité :

a. *L'articulation métatarsophalangienne* : qui est une condylienne avec deux axes de travail et deux degrés de liberté articulaire, dans laquelle la tête de M1 biconvexe vient se loger dans la cavité glénoïde de la première phalange.

b. *l'articulation métatarsosésamoïdienne* : qui est un ginglyme ou charnière avec un axe de travail transversal et un degré de liberté articulaire du même type que l'articulation fémoropatellaire dans laquelle la face plantaire de la tête de M1 s'articule avec le fibrocartilage glénoïdien incrusté des deux os sésamoïdes (**Fig.6**) (18).

Ainsi L'articulation MTP de l'hallux diffère des MTP des autres orteils par :

- *Son système sésamoïde* : dont la particularité est ancestrale, en effet le terme « *Ossa sesamoidea* » est attribué à Galien, vers 180 après J.-C. Une symbolique mystique était associée à ces osselets dans diverses cultures et religions anciennes ; le sésamoïde médial serait le dépositaire de l'esprit après la mort, une graine indestructible permettant la résurrection du corps au jour du Jugement (23). Ces sésamoïdes sont rarement symétriques ; le sésamoïde médial ovoïde dans le sens longitudinal est plus grand (13 /10 mm) que le sésamoïde latéral (SL), qui est circulaire (8/8mm). Pendant la marche, le centre de gravité se projette sur les sésamoïdes qui pendant un court instant vont supporter l'ensemble du poids du corps et vont ainsi soulager le tendon de FHL de l'excès de pression et centrer son passage sous l'hallux . *La cavité glénoïde* de la phalange proximale (**Fig.6**), qui forme une unité fonctionnelle sésamoïdo-phalangienne agrandissant anatomiquement la cavité articulaire exigüe de P1, et couvre largement le débord plantaire de la surface articulaire distale que porte la tête de M1 et se trouve stabilisée et soutenue par la musculature intrinsèque de l'avant-pied (4). Heubach (1897) (23) comparait les osselets sésamoïdes aux grains de café implantés dans un berceau fibrocartilagineux plantaire ou « *plaque plantaire* ». Deux rainures sont développées au niveau plantaire de la tête M1 pour s'articuler avec ces deux osselets sésamoïdes (27). Ils sont séparés par une arête longitudinale ou « *Crista* » assurant la stabilité transversale de la métatarsosésamoïdienne jusqu'à 30° de flexion dorsale. Ils sont unis sur la ligne médiane par l'épais *ligament intersésamoïdien* qui forme le toit du tunnel ostéofibreux du FHL ; et répond par sa face endoarticulaire à la crista. La stabilité de l'articulation est assurée, outre le complexe ostéofibreux, par un *manchon capsulaire* renforcé de chaque côté par les ligaments collatéraux. En effet il s'agit d'une articulation aux forts moyens d'union qui va subir des contraintes très importantes lors de l'appui. Sur chaque versant, médial et latéral de l'articulation MTP1 on retrouve deux paires de ligaments ; un ligament suspenseur métatarsosésamoïdien et un ligament collatéral métatarsophalangien (**Fig.5**).

- *Le ligament suspenseur médial*, large et triangulaire irradie ses fibres depuis le tubercule médial de la tête métatarsienne jusqu'au pôle proximal du SM ;

- *Le ligament suspenseur latéral*, plus court, plus direct et plus étroit, part du tubercule métatarsien latéral pour se terminer sur la base du SL ;
- *Les ligaments collatéraux métatarsophalangiens*, tendus des tubercules latéral et médial de la tête M1 d'une part aux tubercules analogues d'autre part de la cavité glénoïde phalangienne ; ils ont une résistance asymétrique. Le *ligament collatéral latéral* est solide et bien individualisé. Son isométrie à la flexion extension de la MTP1 l'expose lors de la libération des parties molles. Sa section entraîne toujours un *hallux varus iatrogène* (**Figure 96. A** : Hallux varus iatrogène (chez une demoiselle de 23 ans, opérée dans le secteur privé et adressée chez nous pour correction. Patient non incluse dans notre série d'étude) , B : Hallux valgus récidivant (Release insuffisante)) (90). Par contre *le système ligamentaire métatarsophalangien médial* est fin et mal individualisé. Sa résistance est insuffisante pour assurer la stabilité transversale en valgus de la MTP1. En plus à ce niveau, *la capsule* est plus laxo, formant un cul-de-sac qui se termine par un tissu synovial où viendra se loger la tête de M1 dans les formes graves d'Hallux valgus : ceci constitue un facteur anatomique capsulaire d'instabilité articulaire (11). À noter l'existence inconstante à la face profonde des ligaments médiaux, d'un fibrocartilage de type méniscal qui balaie le condyle médial dans ses mouvements.
- *les ligaments sésamoïdophalangiens* médial et latéral ce sont des renforcements du berceau glénoïdien ;
- *Le ligament intermétatarsien transverse* relie le bord latéral du sésamoïde latéral à la deuxième tête métatarsienne et à sa plaque plantaire. Il explique la relative fixité spatiale de ce sésamoïde par rapport à M2(19).

2.3 Muscles Intrinsèques du premier rayon

2.3.1 Muscle adducteur de l'hallux (ADDH) :

ou *Musculus adductor hallucis*, il est le plus profond et le plus puissant des muscles plantaires (6). Volumineux, il est composé de deux chefs ; un transverse (caput transversum) et un oblique (caput obliquum) ; dont le rôle est d'être un frein dynamique contre l'affaissement de l'arche transversale du pied. Chaque chef possède un tendon distinct, qui convergent vers le sésamoïde latéral de l'hallux et la base de P1 en un tendon commun avec le court fléchisseur de l'hallux ; c'est le *Tendon Conjoint* (**Figure 5**) principal élément de la stabilisation active de l'articulation MTP1 (19). Ce tendon conjoint présente une bandelette

épaisse, dénommée *phanlangeal insertional band* (PIB), qui avec le ligament suspenseur métatarsosésamoïdien latéral, constitue un élément déterminant dans la libération latérale (*release*) indispensable à tout traitement chirurgical de l'HV (19).

2.3.2 Muscle abducteur de l'hallux (ABDH) :

ou *Musculus abductor hallucis* est tendu du calcaneus à l'hallux. Constitué d'un chef proximal et distal, il est le 2^e plus puissant des muscles intrinsèques du pied ; sa structure aponévrotique lui permet d'être un frein modulable contre l'affaissement de l'arche médiale (18). Son tendon distal s'insère dans le sésamoïde médial et le tubercule médial de la base de P1. Il représente un élément important de stabilité médiale de l'articulation MTP1, agissant indirectement via le système sésamoïdien, il est d'autant plus stabilisateur que la MTP1 est en valgus (6).

2.3.3 Muscle court fléchisseur de l'hallux (FHB) :

ou *Musculus flexor hallucis brevis* ; unit par ses deux chefs (médial et latéral) les cunéiformes aux sésamoïdes de l'hallux, mélangeant leurs fibres tendineuses avec celles de l'ABDH pour le chef médial et celles de l'ADDH pour le chef latéral (17). La force contractile est plus importante pour le chef médial ce qui entraîne une pronation physiologique de l'hallux par asymétrie de flexion de la 1^{re} métatarsophalangienne.

2.4 Muscles Extrinsèques du premier rayon

Le muscle *flexor hallucis longus* s'insère distalement sur la base de P2 de l'hallux. Son origine musculaire est la face postérieure profonde de la jambe. Son tendon polyarticulaire ; coulisse sur la partie postérieure du tibia, et des os du tarse. Il s'agit d'un muscle propulseur par nature. Cette action n'est possible que par la synchronisation de la flexion dorsale de MTP1 (et des MTP des rayons latéraux) à la flexion plantaire de l'articulation tibio-talienne (6). Les cordes tendineuses des muscles long fibulaire latéral (LFL) et tibialis anterior (qui stabilisent la base de M1) (**Figure 8**) sont susceptibles d'influencer le positionnement final de l'axe cunéo-métatarsien dont l'obliquité excessive joue un rôle dans la genèse de l'Hallux valgus (29). Cette description anatomique et embryologique des sur-

faces, des axes, des ligaments et des muscles, qui s'organisent autour de la colonne osseuse médiale de l'avant-pied, rend parfaitement compte de l'instabilité intrinsèque du premier rayon (6).

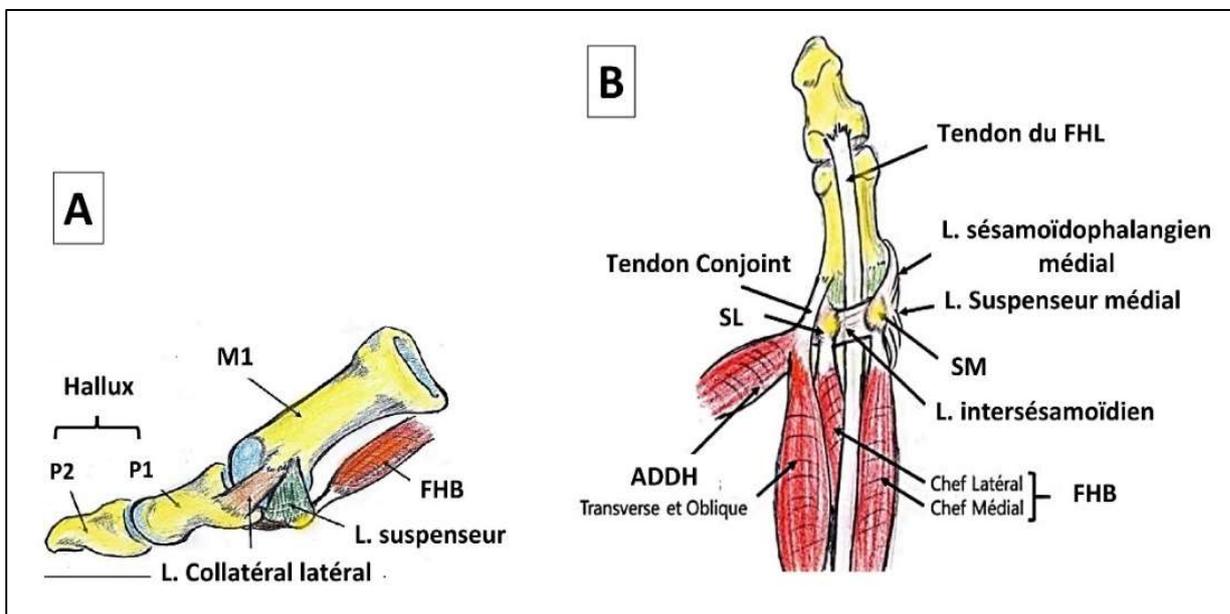


Figure 5. Ligaments du complexe articulaire métatarso-sésamoïdo-phalangien.
A : vue latérale ; B : vue plantaire.

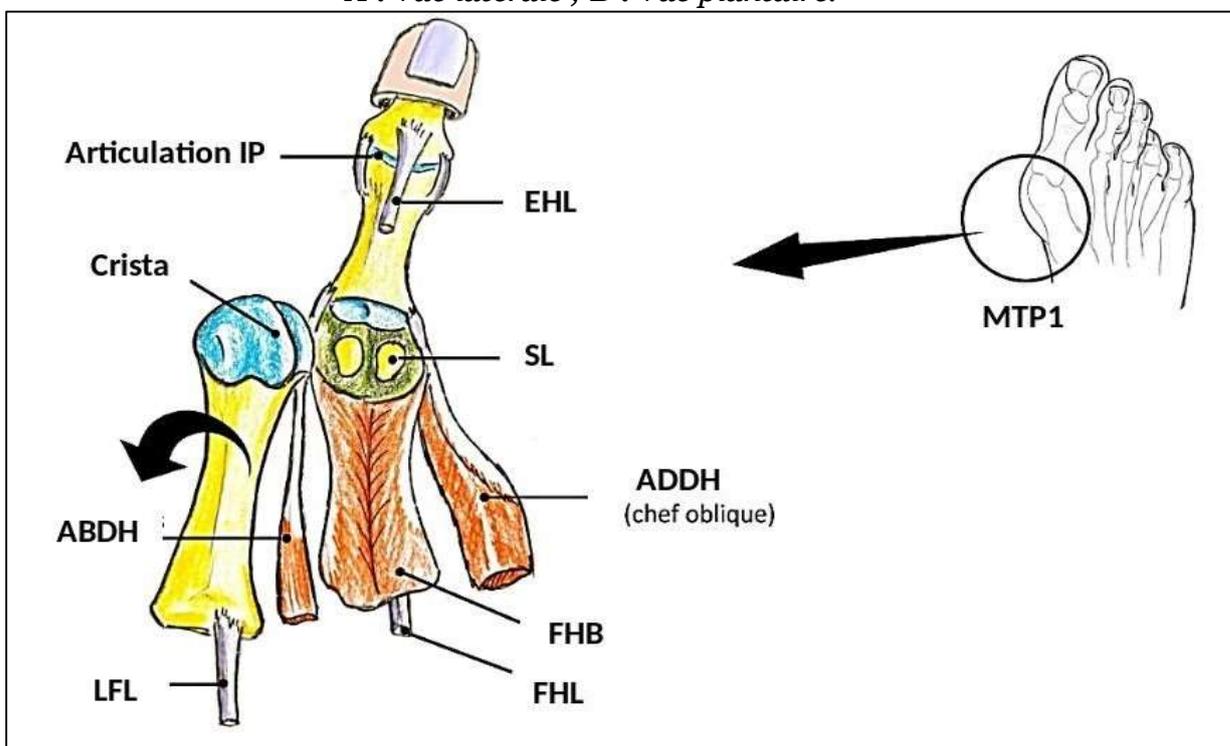


Figure 6. Articulation métatarsophalangienne du 1^{er} rayon et appareil glénosésamoïdien

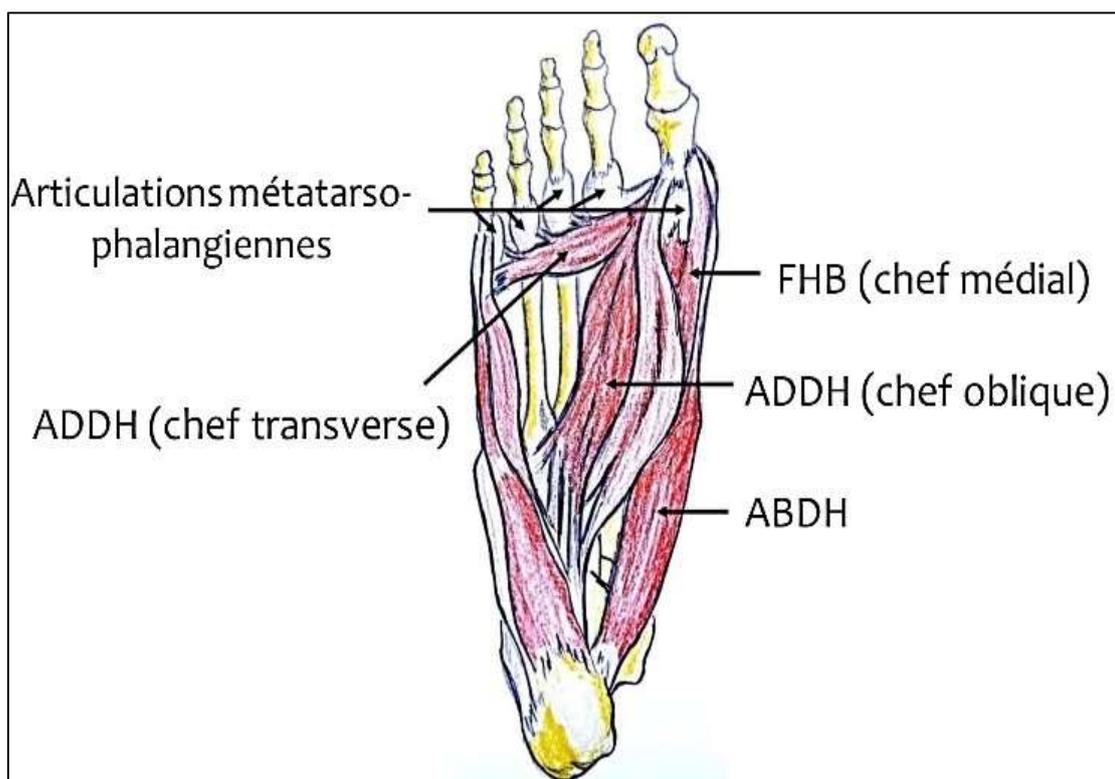


Figure 7. Muscles intrinsèques de l'hallux (Pied droit -vue plantaire)

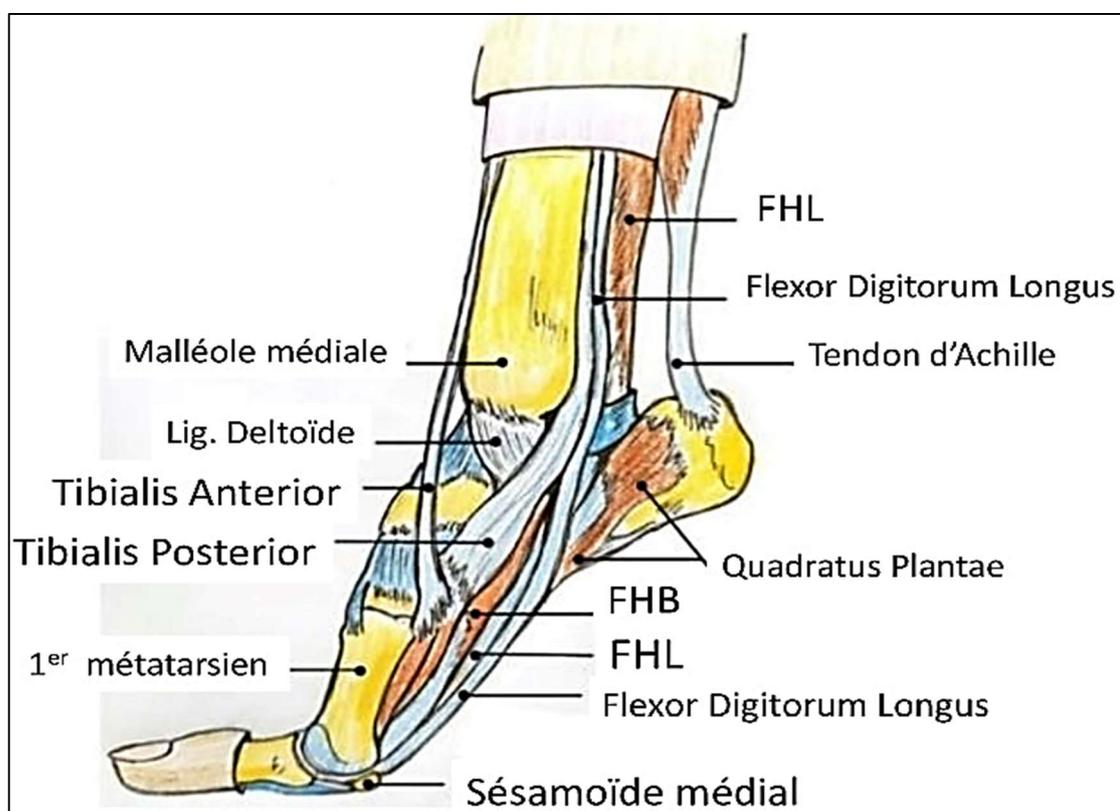


Figure 8. Muscles extrinsèques du pied

2.5 Vascularisation du premier rayon

2.5.1 Le réseau artériel à destinée osseuse de M1

Il jouit d'une double vascularisation à la fois centrale, et périphérique.

a- La vascularisation centrale ou endoméduillaire du 1^{er} métatarsien est assurée par une artère nourricière issue de *l'artère métatarsienne dorsale du 1^{er} espace*. Dans l'os spongieux, cette artère centrale se divise ensuite en deux branches terminales axiales. La première récurrente en direction de la base de l'os ; la seconde, distale et grêle, descend vers la tête, où elle est connectée avec les artérioles capsulaires et périostées qui entourent le col métatarsien (**Fig.9**) (17). Qu'elles soient menées dans les régions basales, diaphysaire ou céphalique, les ostéotomies de M1 interrompent inéluctablement cette vascularisation axiale intra-osseuse. La viabilité des fragments séparés, et leur potentiel de consolidation après ostéosynthèse dépendent dès lors de l'alimentation sanguine complémentaire que leur apporte le réseau périosté dont l'intégrité doit à tout prix être sauvegardée.

b- La vascularisation périostée du 1^{er} métatarsien est particulièrement riche, elle est alimentée par les trois artères principales qui lui sont adjacentes ; premièrement *l'artère métatarsienne dorsale du 1^{er} espace* qui détache des branches basales, diaphysaires et céphaliques et participe à la vascularisation de la tête M1 par l'intermédiaire des récessus capsulo-synoviaux dorsaux. Deuxièmement et de façon analogue, *la première artère métatarsienne plantaire* qui donne naissance à des artérioles pour la base de l'os, la diaphyse et deux ou trois collatérales articulaires distales qui contribuent à la vascularisation épiphysaire de la tête par l'intermédiaire des éléments capsulo-synoviaux qui s'étendent sur le versant plantaire et latéral. Troisièmement *la branche superficielle de l'artère plantaire médiale*, qui se distribue de façon régulière, par quelques rameaux articulaires, au versant médial de la tête de M1. Sur la plan fonctionnel, trois réseaux artériels doivent être respectés (**Fig.10**).

-Un plexus anastomotique à l'angle latéral et plantaire du col métatarsien reliant les artères métatarsiennes plantaire et dorsale à la branche superficielle de l'artère plantaire médiale ; il assure la vascularisation de plus de la moitié plantaire de la tête M1.

-Un plexus dorso latéral issu de la 1^{re} artère métatarsienne et de la branche superficielle de l'artère plantaire.

-Une artère nourricière issue de la 1^{re} artère métatarsienne dorsale pénétrant la corticale dorsale classiquement 2,5 cm en arrière de la surface articulaire distale du premier métatarsien.

2.5.2 La vascularisation des sésamoïdes médial et latéral :

provient de la 1^{re} artère métatarsienne plantaire, à laquelle s'ajoute une vascularisation accessoire provenant des gaines tendineuses des différents muscles intrinsèques qui s'y insèrent.

2.5.3 La vascularisation de la phalange proximale :

tire principalement son apport sanguin d'une artère nourricière issue de l'artère digitale plantaire latérale de l'hallux (**Fig.9**) et elle est largement suppléée par le réseau capsulaire et périosté.

La chirurgie de l'articulation MTP1 se doit dès lors d'être conservatrice et atraumatique sur les insertions de la capsule articulaire autour de la base de P1, du col de M1 et sur les sésamoïdes, afin de garantir sa consolidation et d'éviter la nécrose de l'os (30).

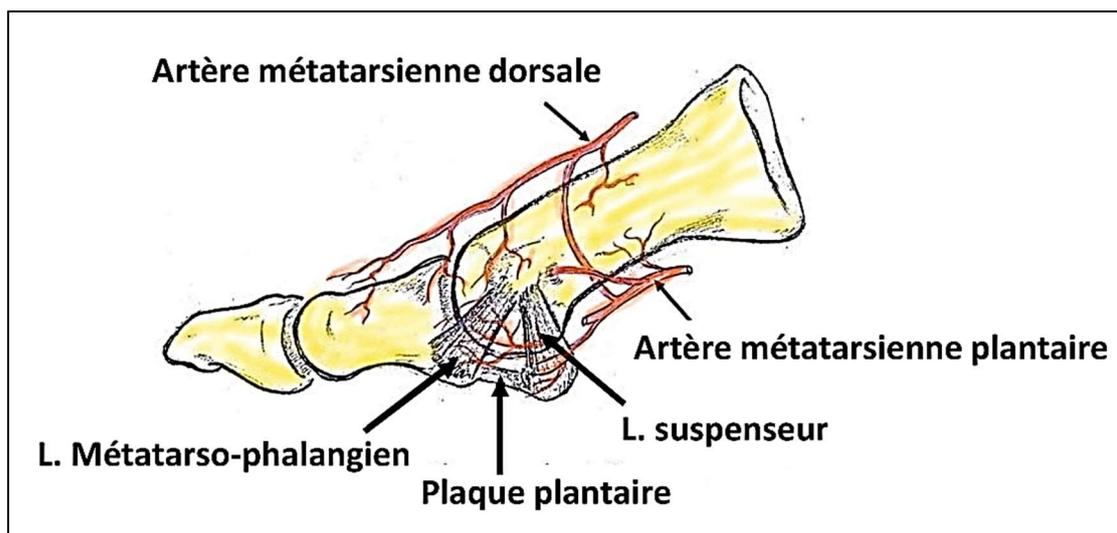


Figure 9. Vascularisation de la MTP1 : Vue latérale

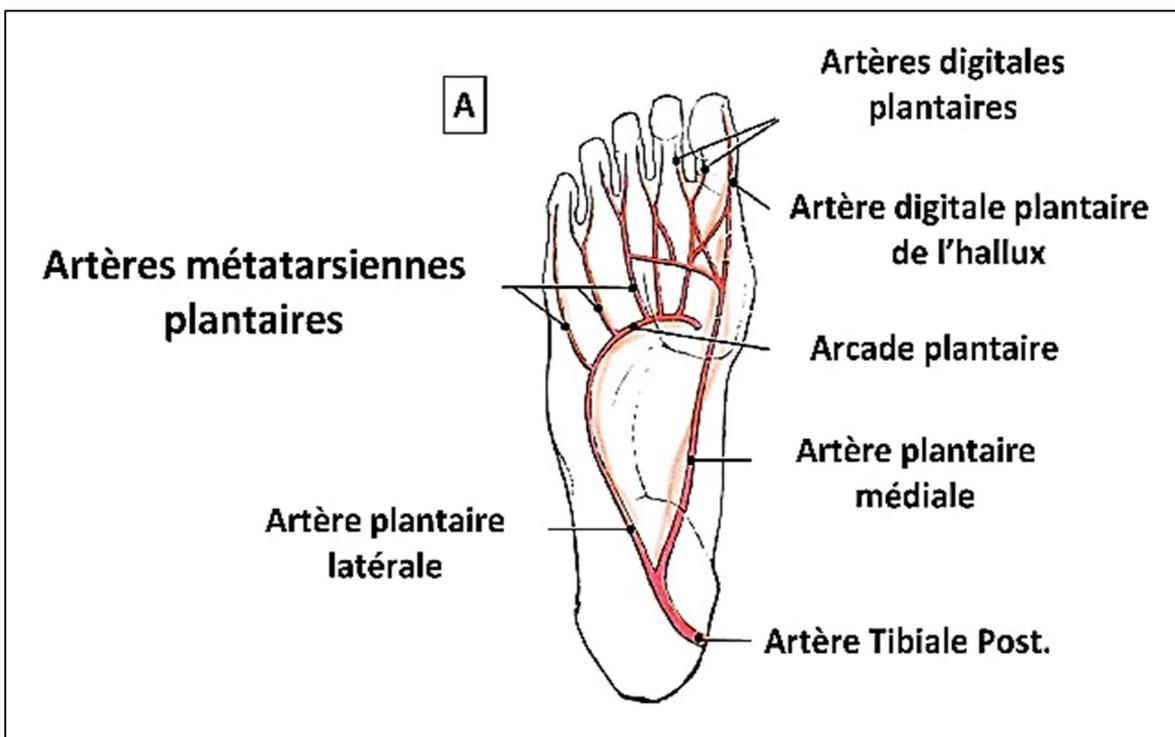


Figure 10. Vascularisation du pied. Vue plantaire (A)

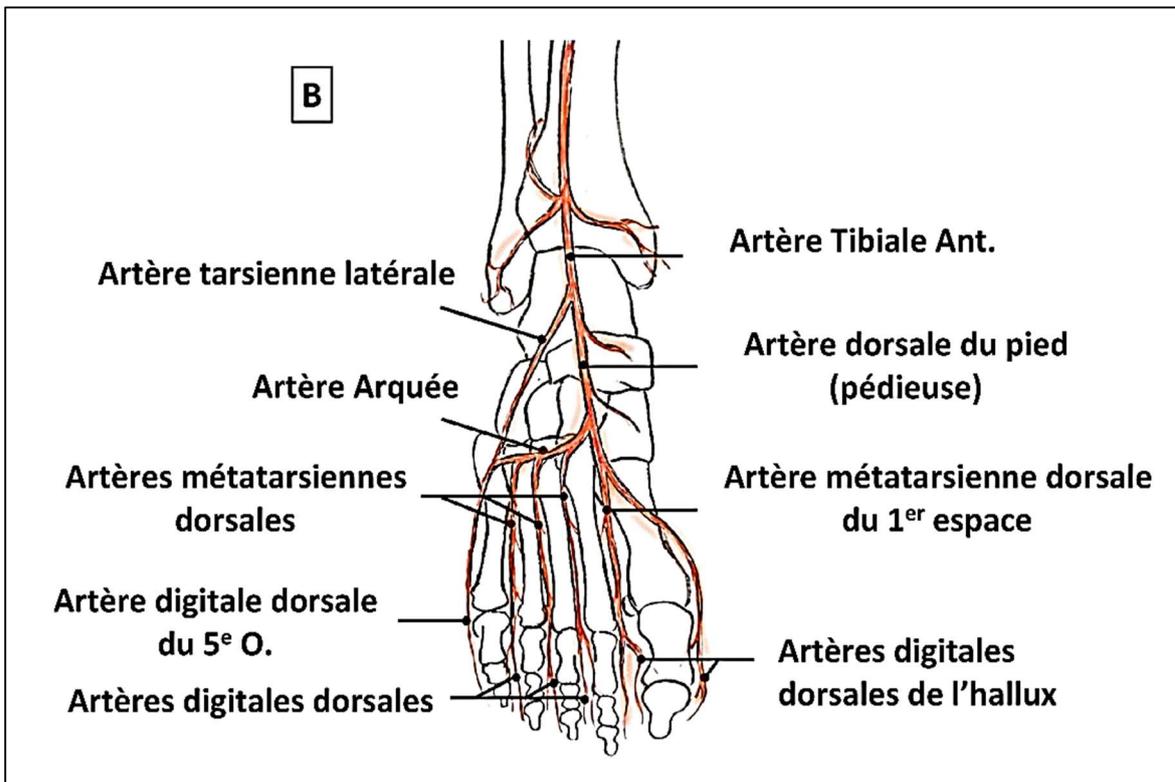


Figure 11. Vascularisation du pied. Vue dorsale (B)

2.6 Innervation de l'avant-pied

Les nerfs de l'avant-pied sont issus des *nerfs fibulaires* (versant dorsal) et du *nerf tibial* (versant plantaire) (17). Le *nerf fibulaire superficiel* qui est sous cutané, assure l'innervation sensitive de la plus grande partie du dos du pied, il donne le *nerf digital dorsal médial de l'hallux* (31), et les nerfs collatéraux dorsaux, des orteils latéraux. Le *nerf fibulaire profond* : Couvre la sensibilité de la première commissure interdigitale par sa branche terminale latérale: le *nerf digital dorsal latéral de l'hallux* (à surveiller au cours de l'incision commissurale dans la *release* de l'HV) (**Fig.76**), et assure par une branche latérale terminale motrice l'innervation du muscle court extenseur des orteils.

Les Nerfs plantaires médial et latéral : branches terminales du *nerf tibial*, dont la division s'effectue dans le canal calcanéen innervent la partie latérale de la peau et la plupart des muscles profonds de la plante du pied (entre autres l'ADDH) grâce au *nerf plantaire latéral*. Le *nerf plantaire médial*, homologue du nerf médian au niveau de la main, se divise en deux à la base de M1 pour se terminer jusqu'au bord médial de l'hallux et donner le *nerf digital plantaire médial de l'hallux* (à éviter dans la voie d'abord médiale de la MTP1) (**Fig.79**).

En résumé : trois nerfs à surveiller en chirurgie de l'Hallux valgus : le nerf digital dorsal médial et latéral de l'hallux, et le nerf digital plantaire médial de l'hallux (18).

PATHOGÉNIE DE L'HALLUX VALGUS

Il est admis actuellement que l'Hallux valgus est une affection multifactorielle qui s'installe par étapes, et il a fallu plus d'un siècle pour comprendre l'implication de plusieurs facteurs qu'ils soient intrinsèques ou extrinsèques à la genèse de cette déformation, et leurs influences sur les résultats de la chirurgie (4) (35) (**Tableau 1**).

Tableau 1. Facteurs intrinsèques et extrinsèques dans la genèse de l'HV (4) (35)

Extrinsèques	Intrinsèques
✓ Chaussures pointues à talon haut	✓ Génétique (formes familiales)
✓ Excès de poids	✓ Laxité ligamentaire
✓ Surcharge du premier rayon	✓ Morphologie du pied (canon-index)
✓ Traumatismes répétés	✓ <i>Metatarsus Primus Varus</i>
✓ Amputation du 2 ^e orteil	✓ Pes Planus
	✓ Tendon d'Achille court
	✓ Hypermobilité du 1er rayon
	✓ Fonctionnel Hallux Limitus
	✓ Facteur sexe
	✓ Affections rhumatismales

En effet l'Hallux valgus était considéré comme une bosse du pied par simple élargissement de l'articulation MTP1, puis *Carl Hueter (1882-1938)* décrit correctement la déformation comme une déviation latérale de l'hallux au niveau de l'articulation MTP1. *Walter Truslow* en (5) a insisté sur la composante métatarsienne de la déformation longtemps négligée (**Fig.13**). *Hoffmann (1905)* (33) a signalé que le pied était en forme d'éventail (**Fig.16**), avec l'hallux en ligne droite, chez les indigènes Philippins et dans le centre Afrique, et que les orteils deviennent comprimés les uns contre les autres quand on commence à porter des chaussures. Mais dans les années 1950, *Sim-Fook et Hodgson* (34) ont réalisés une étude comparative entre groupe porteur de chaussures et groupe vivant sans chaussage et ont montrés une augmentation spectaculaire de la prévalence de l'HV chez le groupe porteur de chaussures, sans pour autant donner une explication à la prévalence de l'HV dans les communautés qui n'ont jamais portés de chaussures ni l'absence de cette déformation chez des personnes porteuses de chaussures de haute couture, mettant en évidence l'origine multifactorielle de l'HV qui dépasse de loin la simple question de chaussage.

3.1 Anatomie pathologique de l'Hallux valgus

L'Hallux valgus s'installe par étapes souvent sur fond de plusieurs facteurs prédisposant, ces étapes ne se produisent pas nécessairement par séries mais peuvent s'installer en parallèles créant un cercle vicieux (35). Ces étapes sont les suivantes :

- Comme les seules structures de support médial de la 1^{re} articulation métatarsophalangienne sont le sésamoïde médial et les ligaments collatéraux médiaux, leur défaillance est la lésion « précoce et essentielle » dans la genèse de l'HV.
- L'absence d'insertions musculaires sur la tête de M1 rend l'articulation MTP1 vulnérable aux contraintes extérieures exercées sur l'hallux. Ainsi la tête métatarsienne en glissant de l'appareil sésamoïdien dévie en position médiane. Une articulation cunéométatarsienne oblique ou instable favorise ce mouvement.
- P1 se déplace en valgus car elle est attachée à sa base aux sésamoïdes, au ligament transverse profond (via la plaque plantaire) et au muscle ADDH.
- La tête métatarsienne déplacée, repose sur le SM qui peut éroder le cartilage et la *crista* (**Fig.12**) . Le SL lui peut sembler s'asseoir dans le 1^{er} espace intermétatarsien bien qu'il ne bouge pas réellement. Il garde une position relativement fixe par rapport à M2 (32). Maestro (6) a démontré que la distance entre M2 et le SL restait constante pendant l'évolution de la pathologie. Avec le temps le SL a tendance à tourner, et remonter dans la 1^{re} commissure occupant le vide créé par le déplacement médial de la tête de M1, et réalisant ainsi un barrage à la réduction du metatarsus varus : sa levée par la "release" latérale sera le préalable primordial au traitement de l'HV (39).

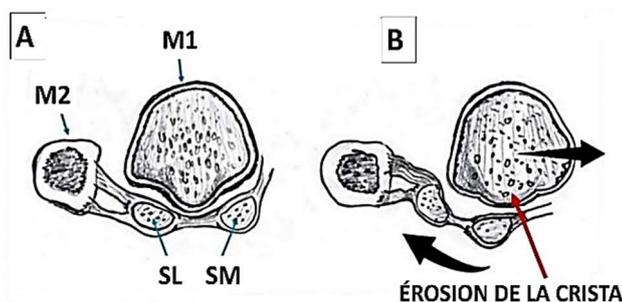


Figure 12 : **A** : section frontale tête M1 (aspect normal) **B** : glissement de M1 de la plaque plantaire (Hallux valgus) et positionnement du sésamoïde latéral dans le 1^{er} espace interphalangien, noter l'érosion de la crista (flèche rouge)

- La bourse recouvrant l'éminence médiale de la tête métatarsienne (qui connaît une hypertrophie osseuse par développement d'exostose) peut s'épaissir et s'enflammer par hyperpression et frottement avec les chaussures réalisant une tuméfaction médiale, c'est « l'ognon » ou « bunion deformity »
- Les tendons du FHL et de l'EHL prennent latéralement la corde de l'arc osseux ; deviennent adducteurs de l'hallux et tendent à aggraver la déformation par leur contraction active. Ils contribuent à maintenir et accentuer le valgus et parfois la dorsiflexion de P1. Ceci a été bien expliqué par le modèle biomécanique de *Snijders et al. (Fig.2 et Fig.13)* (37); puis *Sanders et al.* ; qui ont démontré qu'il existe une corrélation étroite entre la déviation médiale accrue de M1 et le moment fléchisseur agissant sur la MTP1 sous l'action du FHL. En effet à mesure que l'angle HVA augmente, il y a une augmentation exponentielle du moment abducteur dans la MTP1 et du moment adducteur dans la première articulation cunéométatarsienne lorsque les muscles fléchisseurs se contractent. Dans un pied normal le tendon du FHL passe sous la première articulation métatarso-phalangienne, entre les deux sésamoïdes, plaqué contre le ligament intersésamoïdien, de sorte que l'axe vertical de la MTP1 passe directement à travers ce tendon, et lorsqu'il y'a contracture musculaire, il se produit une force plantaire stabilisatrice et compressive dans l'articulation MTP1. Dans les pieds avec Hallux valgus, cet axe vertical, autour duquel est créé le mouvement tombe transversalement du côté médial par rapport au tendon du FHL. Cela génère un bras de levier, qui n'existe pas normalement (**Fig.13A**). La combinaison des forces produites par la contraction du FHL (**Fig.13B**) et celle produite par la force d'agrippement au sol du premier orteil (**Fig.13C**) génère un vecteur de force postérieurement, parallèle à l'axe longitudinal de la phalange proximale déviée (**Fig.13D**). Et pour qu'il y'est un équilibre des forces dans le plan transversal, une résistance est générée sur la CM1 ; équivalent à un vecteur de force d'une ampleur égale à celle exercée par le premier orteil contre le métatarsien, mais dans la direction opposée (**Fig.13E**). Cette paire de forces produit un moment final de rotation dans le sens antihoraire qui a tendance à dévier M1 en varus (**Fig.13 flèche verte**). Comme la tête métatarsienne tombe du berceau sésa-

moïdien, elle dévie en position de pronation (**Fig.15**) par action des forces musculaires agissant à travers elle (chef latéral de l'ADDH). L'ABDH qui résiste fortement au valgus phalangien fini par lâcher, et ne peut plus contrebalancer l'effet de ses muscles antagonistes (ADDH mais aussi EHL et FHL qui sont devenus adducteurs et pronateurs de l'hallux). L'ADDH lui attaché à la surface plantaire latéralement ainsi qu'à la base de P1 tend à tirer sur l'hallux en pronation.

- La capsule dorsale de la MTP1 plus faible n'est renforcée par aucun tendon tourne médialement en pronation et offre une stabilité médiocre. Parallèlement, le versant latéral de la capsule articulaire se rétracte (d'où la nécessité de la release latéral),
- le glissement de la tête du premier métatarsien en position médiale transfert latéralement la pression plantaire sous la tête des métatarsiens latéraux (33).

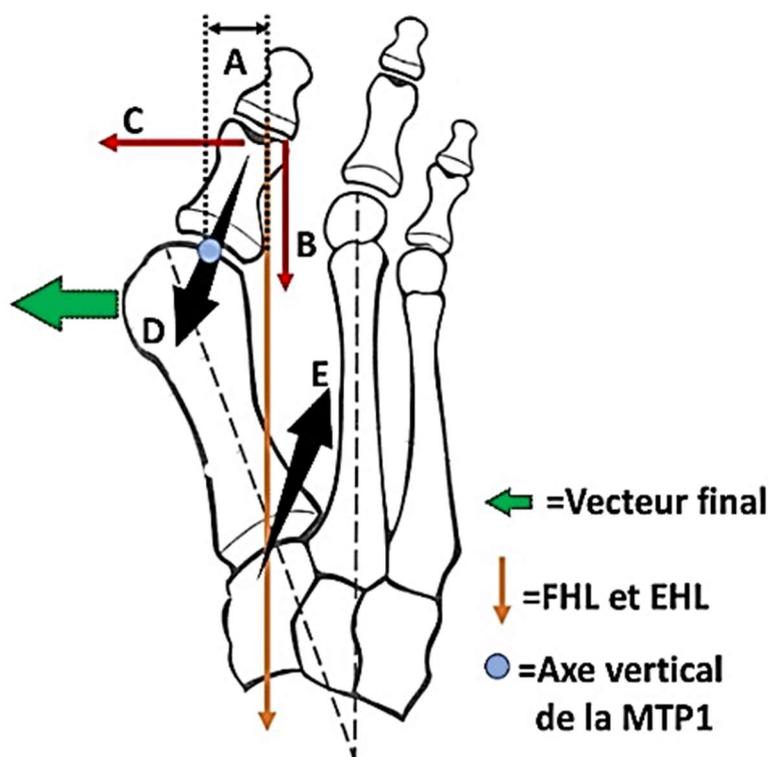


Fig. 13. Modèle biomécanique de Snijders : rôle des FHL et EHL dans le développement du métatarsus varus et l'Hallux valgus (37)

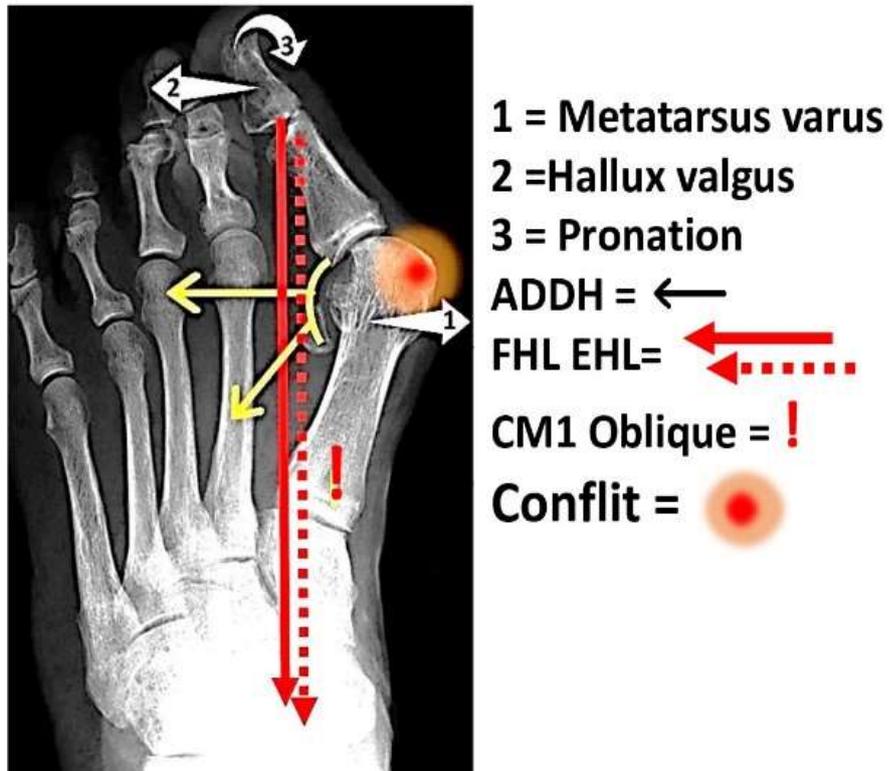


Figure 14. Schéma de la physiopathologie de l'Hallux valgus



Figure 15. Hallux valgus avec ses déviations : 1 : valgus phalangien ; 2 : adductus métatarsien ; 3 : pronation de l'hallux

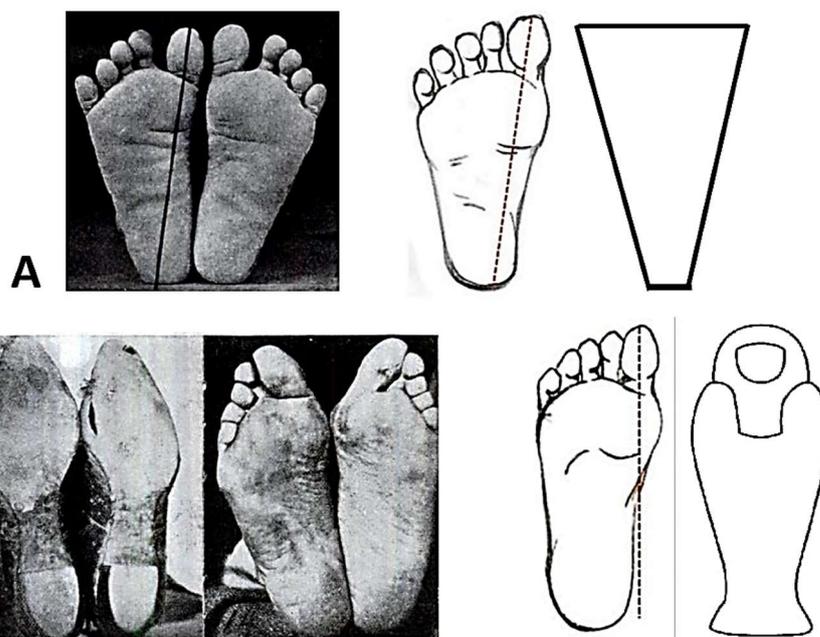


Figure 16. Hallux valgus et chaussage : (A) Un pied qui n'a jamais porté de chaussures : métatarsiens alignés pied en éventail. (B) un pied normal qui a porté des chaussures : les métatarsiens sont alignés avec l'axe longitudinal de l'arrière du pied, donnant ainsi au pied une forme de sarcophage (d'après PHIL. HOFFMAN, M.D., ST.)(34).

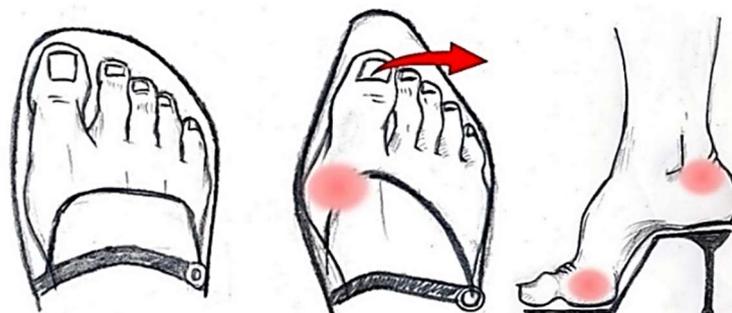


Figure 17. Hallux valgus et chaussage féminin : Le chaussage restrictif, en particulier féminin, impliqué dans le développement et l'entretien de l'HV (surcharge avant-pied et compression de l'hallux)

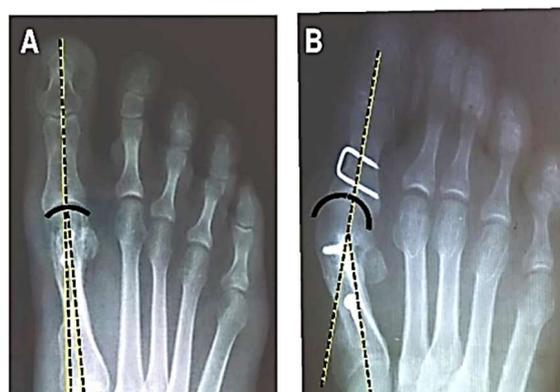


Figure 18. Morphologie de la tête M1 et instabilité MTP1 : A : tête plate
B : tête ronde : récurrence de l'HV (patients de notre série)

3.2 *Étiologies de L'Hallux valgus*

Divisés en deux types ; facteurs de risque extrinsèques et facteurs de risque intrinsèques

3.2.1 *Facteurs de risque extrinsèques*

Il s'agit principalement de :- Surcharge du premier rayon : causé par des professions dites « physiques » ; des habitudes de vie astreignantes ; ou un excès de poids (**Tableau 1**).

- *Chaussage pointu et étroit (Fig.17)* : en particulier féminin (38) à talon haut qui fait glisser le pied vers l'avant dans un espace étroit, augmentant la surcharge de l'avant pied et désorganisant la biomécanique du premier rayon. Le chaussage est ainsi incriminé dans l'entretien et l'aggravation de l'HV mais pas dans sa genèse (32) (33).

- *Certains traumatismes* : sont responsables de la genèse d'HV qu'il s'agisse de lésions musculo-ligamentaires ; vasculo-nerveuses ; ou osseuses comme une amputation du deuxième orteil qui est un facteur de risque avéré par perte de l'effet de « butée ».

3.2.2 *Facteurs de risque intrinsèques :*

- *Facteurs génétiques* : Une prédisposition génétique est depuis longtemps suspectée, en effet la prévalence de l'HV chez les Blancs est deux fois plus grande que chez les Noirs africains (12). Dans l'HV juvénile (39) (51), le rôle de la génétique est beaucoup plus établi, avec une transmission maternelle retrouvée chez 94% des patients ayant des antécédents familiaux (4) (42). Parmi les facteurs anatomiques héréditaires qui peuvent être pertinents on a : la formule métatarsienne, la hauteur de l'arche médiale du pied et l'hypermobilité du 1^{er} rayon.

- *Facteur Sexe* : La prévalence plus élevée de l'Hallux valgus chez les Femmes avec un sex-ratio Homme/Femme de 1/5 (12) est due premièrement au chaussage moins indulgent ; deuxièmement à des différences fondamentales dans l'anatomie osseuse : la surface articulaire de la tête métatarsienne chez les patientes est plus arrondie (**Fig.31**) et plus petite, ce qui donne une articulation moins stable. Les Femmes ont également tendance à avoir une laxité ligamentaire et une hypermobilité du premier rayon.

3.2.3 Conditions systémiques

- *Pied plat sévère (Pes Planus) (4) (40)* : la pronation de l'avant pied dans le *Pes Planus*, augmente la surcharge sur le bord médial et plantaire de l'hallux et une altération des structures capsuloligamentaires médiales. L'affaissement de l'arche médiale du pied va limiter les amplitudes de la MTP1 au dépend de la 1^{re} cunéométatarsienne .

- *Hypermobilité et obliquité de la 1^{re} cunéométatarsienne* : par échec de l'action stabilisatrice des muscles extrinsèques notamment le LFL (29) (41). En effet au cours de la marche, l'appui sous la tête de M1 met en tension les éléments capsuloligamentaires plantaires de la 1^{re} cunéométatarsienne jusqu'à obtenir le verrouillage articulaire nécessaire à la phase de propulsion (phénomène de treuil). En cas d'hypermobilité CM1, ce verrouillage est retardé voire impossible. Radiologiquement, il existe une association bien établie entre *obliquité excessive* de l'articulation CM1 et l'Hallux valgus. Le *pied plat valgus (40)* et l'*hypermobilité CM1 (41)* constituent un facteur péjoratif sur la qualité des résultats opératoires.

- *Morphologie du pied* : Certains morphotypes favoriseraient l'HV comme : Un canon égyptien de l'avant-pied (60 % des cas) (26) ; un excès de longueur de P1 ; ou une tête M1 ronde qui va créer une articulation plus instable que dans d'autres formes (tête plate ou tête en Chevron) (2) (**Fig.31**).

- *Tendon d'Achille serré ou Brièveté des gastrocnémiens* : Ou « *gastro-courts* » selon C. Kowalski (42). En effet le tendon d'Achille fait partie du système suro-achilléo-plantaire ; sa brièveté serait responsables d'un équinisme tardif lorsque le genou se met en extension, générant ainsi une surcharge pathologique de l'avant pied et une instabilité de l'arrière pied et avec comme conséquences : Hallux valgus, griffe des orteils et fasciite plantaire. La recherche du *gastro-courts* par l'examen clinique est systématique devant un Hallux valgus (**Fig.28**) ; et la libération proximale des gastrocnémiens est une technique très efficace et sans danger pour l'amélioration de ces désordres de l'avant-pied (43).

- *Laxité ligamentaire* : Il n'existe aucune structure musculo-tendineuse qui s'attache à la tête de M1 (6) ; Les seules structures stabilisatrices du côté médial sont des structures statiques : *la capsule, le ligament collatéral et le ligament sésamoïde médian*. Dans l'hyperlaxité constitutionnelles systémique ces struc-

tures sont mécaniquement anormales, avec une organisation altérée du collagène de type I et de type III, laissant la MTP1 vulnérable à une distraction continue et cyclique pendant la marche.

Affections rhumatismales : Comme dans la *polyarthrite rhumatoïde*, où l'atteinte capsuloligamentaire qu'elles induisent, est source d'Hallux valgus. Certaines maladies neuromusculaires représentent également un facteur de risque (32).

ÉTUDE CLINIQUE

L'étude clinique est une étape clé du « *Management préopératoire* » (44), elle permet d'introduire une relation avec le patient ; de poser le diagnostic et surtout d'évaluer la pathologie. Ainsi le pied du patient est observé en marchant, en position debout et assis. L'examen appréciera la forme et la position des orteils, l'alignement de l'arrière-pied et la morphologie de la voute plantaire, les amplitudes et congruences articulaires et enfin évaluera l'état cutané, vasculaire et neurologique du pied. Il est toujours comparatif et consigné, ou mieux complété par des photographies. Le chirurgien aura à la fin une idée sur la gêne fonctionnelle (score AOFAS, ACFAS, score de Groulier...) ; le degré de la douleur ; et surtout les attentes du patient, et communiquera au malade les bénéfices et les risques du traitement. Cet examen clinique comprend trois niveaux d'analyse : l'interrogatoire, l'inspection, et les signes cliniques proprement dit.

4.1 L'interrogatoire

4.1.1 Renseignements d'ordre administratif et personnels

On consigne l'état civil, les données anthropométriques (poids, taille, pointure) adresse et numéro de téléphone, le statut social et les habitudes de chaussage (port de talons hauts, chaussures imposées par les activités professionnelles comme des chaussures militaires et de sécurité). On s'intéresse particulièrement aux métiers pratiqués et aux activités sportives afin d'évaluer le degré d'activité (*sédentarité* qui équivaut à moins de 5000 pas/jour selon l'Organisation Mondiale de la santé(12) (13) (45), ou *hyperactivité, etc.*) (**Tableau 6**).

4.1.2 *Motif de consultation*

On recherche les symptômes qui poussent à consulter ; leur historique (circonstances d'apparition et évolution), ainsi que l'état fonctionnel actuel. On note l'impact de la pathologie sur la qualité de vie (surtout professionnelle chez les militaires). Il s'agit de :

- *la douleur* souvent en regard de “ l'ognon ” (**Fig.21**) (49) ;
- *La déformation inesthétique* de l'hallux associée à la bosse de l'exostose ;
- *Les difficultés au chaussage* par élargissement de l'avant-pied.

Barouk (36) distingue quatre phases dans l'expression de l'HV. Dans un 1^{er} temps, c'est une simple *douleur* liée à une exostose à la partie médiale de la MTP1. Dans un 2^e temps, cette lésion n'est plus douloureuse ; ceci correspondant à une *déformation plus accentuée*, le nerf dorsomédial devient plus dorsal et échappe à l'irritation douloureuse du chaussage. Ultérieurement, le patient consulte pour les effets secondaires de l'HV, dans la plupart des cas il s'agit *d'orteils en griffe* ou *métatarsalgies de transfert*.

4.1.3 *Antécédents médicochirurgicaux et Facteurs de risque*

L'interrogatoire recueille les informations sur d'éventuels antécédents chirurgicaux sur l'avant-pied et leur vécu ; ainsi que les antécédents médicaux pouvant interférer avec l'indication chirurgicale et/ou la cicatrisation et la consolidation osseuse, ou pouvant augmenter le risque de complications postopératoires d'ordre rhumatologiques, métaboliques, toxique, neurologiques, vasculaires, ou dermatologiques (46).

4.1.4 *L'état psychique et les traits de personnalité*

Il faut rechercher la possibilité de coopération et de guérison facile, par l'appréciation du caractère dominant du patient ou bien au contraire prévoir certaines difficultés qu'il faut anticiper (une période dépressive par exemple).

4.2 *L'examen clinique*

L'examen clinique, toujours comparatif avec le côté opposé, s'efforcera de rechercher des signes locaux de souffrance mais aussi des facteurs étiologiques.

Le patient en position debout pieds nus on inspectera :

4.2.1 Le canon de l'avant-pied

ou *formule digitale de Viladot (Fig.24)* (2), qui repose sur la comparaison de longueur respective des 1^{er} et 2^e orteils et qui peut être *canon grec ; égyptien ; ou carré*. À différencier des rapports de longueur « radiologique » entre les deux premiers métatarsiens décrits par *l'index métatarsien (Fig.30)* (50).

Le Pied égyptien est le plus commun (47,8% de la population mondiale(13), il se caractérise par un hallux plus grand que les autres. Il est source de récurrence après chirurgie, en créant une hyperpression longitudinale sur la 1^{re} métatarso-phalangienne due à la chaussure. *Le Pied grec* (ou *Morton's toe* : 13 % à 23 % de la population mondiale)(12) (13). Il se caractérise par un 2^e orteil plus grand que les autres. Il est mal toléré surtout s'il existe une griffe du ce 2^e orteil. *Le Pied carré* : où les quatre premiers orteils sont alignés (27 % de la population mondiale) (12)(13). Il est le type de pied le mieux toléré par le chaussage surtout de type féminin.

4.2.2 Le morphotype du pied

c'est l'aspect de la voûte plantaire (pied creux, normal, plat, serpentin etc.) (**Fig.23**) ; de préférence apprécié sur Podoscope.

4.2.3 L'examen du premier rayon

permet d'apprécier : Le degré *du valgus* du gros orteil et sa réductibilité ; Le degré de *metatarsus varus* et sa réductibilité (par manœuvre de rapprochement de M1 et M5) ; La mobilité de la MTP et l'IP de l'hallux : amplitude et douleur (une raideur douloureuse faisant suspecter une *Hallux rigidus*) ; Évaluation de la protubérance plantaire de la tête de M1 comparativement à la tête de M2. Le degré de pronation de l'hallux ou « *Valgus rotation* » selon les anglo-saxons est mesuré sur un pied en charge (ce qui permet d'accentuer les déformations que connaît l'avant-pied). Par rapport à la tangente du plan unguéal de l'hallux (2) (**Fig.19**) ; on distingue quatre grades (Grade 0 : absence de rotation, Grade I : rotation < 25°, Grade II : rotation > 25° et Grade III : rotation > 45°) ;

l'examen apprécie l'*Hallux valgus interphalangien (HVI) (Fig.54)* ; l'éventuelle inflammation des parties molles, contre l'exostose où se développe parfois un hygroma qui peut être surinfecté, voire fistulisé ;

- Des tests de mise en évidence de l'inefficacité de la force d'appui et d'instabilité de l'hallux sont effectués :

- Le « *Grasp test* » (1) (2) ; s'effectue en insinuant l'index dans la 1^{ère} commissure pour réduire la déformation, et on demande au sujet de fléchir fortement son hallux (*grasper*) sur l'autre index de l'examineur. Le sujet retrouve une force d'appui qui disparaît tandis que l'on retire l'index commissural et que la déformation se reproduit, exprimant l'inefficacité de la force d'appui de la pulpe par échappée de la tête de M1 ;

- Le « *Paper Grip Test* » ou « *Paper pull out test* » (**Fig.26**) ou test de préhension du papier ; permet en glissant un bout de papier rugueux et solide sous l'hallux de tester la force de préhension de celui-ci en demandant au malade d'agripper le papier et de résister à sa traction, talon maintenu en contact avec le sol. La traction du papier est jugée facile, résistante ou fixe (cf. score ACFAS module 1) ;

- *L'hypermobilité de la CM1* est recherchée par un test de tiroir (**Fig.27**) (2). La mobilité du 1^{er} rayon est alors notée de manière comparative, mais ce test reste subjectif.

4.2.4 L'examen des rayons latéraux

Recherche les conséquences de l'Hallux valgus (défaut d'appui du premier rayon et surcharge des autres têtes métatarsiennes) : recherche du syndrome du deuxième rayon, du syndrome de Morton, déformations des orteils latéraux et leur réductibilités (orteils en griffe, subluxation ou luxation des MTP2,3,4,5), d'œil-de-perdrix (**Fig.25**).

4.2.5 Le reste de l'examen du pied et du membre inférieur :

Au niveau du medio et arrière-pied, on apprécie :

- *L'orientation et la souplesse de l'arrière-pied en charge* : La recherche d'un pied-plat valgus, d'un valgus calcanéen fixe (coalition tarsienne) pouvant générer un HV.
- *L'examen de l'aponévrose plantaire* : elle peut être tendue et rétractée comme dans le pied creux, ou à l'inverse, devant un pied plat, relâchée et inefficace.
- *L'Équinisme et brièveté des gastrocnémiens* par le test de « Silfverskiöld » (42) où on retrouve un équinisme du pied genou tendu en extension et qui disparaît après mise en flexion du genou (**Fig.28**). Son traitement chirurgical soulage l'avant-pied.

- *Testing musculaire* : Dans les HV anciens et évolués, on note en règle une diminution de la force du *long fibulaire latéral* qui entraîne une déstabilisation de la 1^{re} cunéométatarsienne avec adduction et élévation de M1.
- L'état des articulations proximales, en particulier le genou et la hanche. Un valgus de l'arrière-pied ou du genou aggrave les effets valgusants sur le gros orteil.
- L'examen clinique se termine enfin par la recherche *d'autres facteurs d'amont* pouvant accompagner un Hallux valgus, comme l'inégalité de longueur des membres inférieurs pouvant entraîner une surcharge du membre long, les troubles rotationnels des membres inférieurs ainsi (l'hyperantéversion fémorale ou la dérotation externe du squelette jambier) ainsi que l'état du rachis (32).

Il faut noter que d'autres tests clinique peuvent se faire dans différents temps de la maladie permettant un contrôle de la correction chirurgicale et de l'alignement des rayons du pied à savoir :

Les tests peropératoires : Permettent le contrôle de la correction à plusieurs phases de l'acte chirurgicale :

- *Test de simulation de charge (Load Simulation Test)* par K. H. Kristen (47) (**Fig.22**). Très utile, il reproduit la position du pied en charge en mettant la paume de la main à plat contre la face plantaire de l'avant-pied et simulant un appui podal.
- Évaluation de la situation plantaire de la tête M1, par rapport à celle de M2.
- L'évaluation de la flexion dorsale passive dans la MTP1 est particulièrement utile au début de l'opération pour connaître le degré du raccourcissement métatarsien à effectuer (36).

L'examen du pied sur podoscope :

Dans l'Hallux valgus le Podoscope et la Baropodométrie dynamique permettent d'avoir une cartographie des pressions enregistrées du pied, exprimant la réelle utilisation de la MTP1 à la marche et visualisant les défauts plantaires associées (pied creux ,pied plats...)

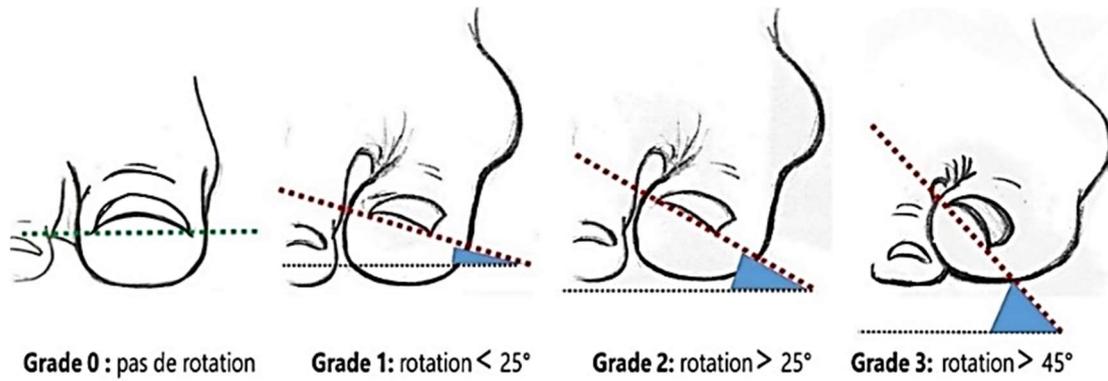


Figure 19. Evaluation clinique du Valgus pronation de l'hallux (pronation)



Figure 20. Raideur de la flexion plantaire et dorsale après correction manuelle de l'HV.

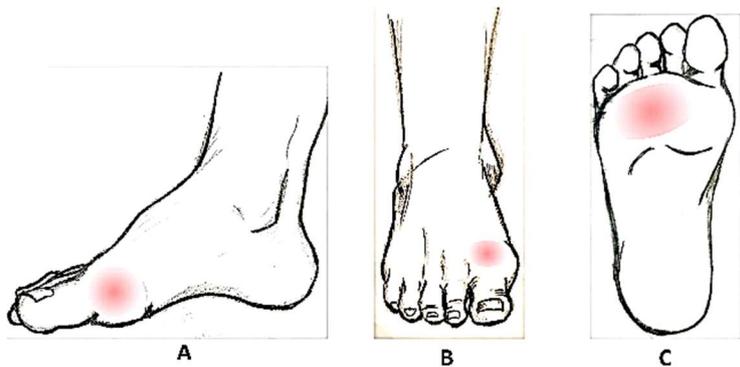


Figure 21. Points douloureux de l'avant-pied : **A** : en regard de l'oignon (hallux valgus) ; **B** : face dorsale de la MTP1 (hallux rigidus) ; et **C** : **plantaires** sous les têtes métatarsiennes (métatarsalgies de transfert)



Figure 22. Test de simulation de charge de Kristen (Load Simulation Test)



Figure 23. Les morphotypes du pied



Figure 24. Les canons de l'avant-pied : A : Pied égyptien ; B : pied carré ; C pied grec



Figure 25. Durillon plantaire (1,2) sous la tête de M1 et M5 et œil-de-perdrix



Figure 26. Test de préhension du papier ou « Paper Grip Test » du gros orteil



Figure 27. Test de tiroir de l'articulation CM1 (recherche de l'hypermobilité)

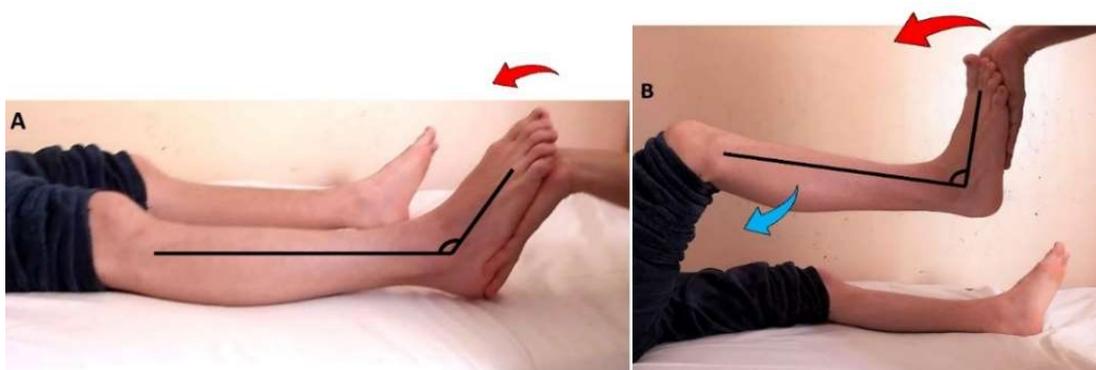


Figure 28. Le signe de Silfverskiöld : si la cheville est en équin (angle droit avec la jambe impossible à atteindre) alors que le genou est en extension (A) et que cet équin se réduit quand le genou est fléchi (B), alors il y a rétraction des gastrocnémiens.

RADIOGRAPHIE

Il s'agit d'un complément incontournable de l'examen clinique dans l'évaluation de l'Hallux valgus (50). En préopératoire la radiographie permet de porter des indications chirurgicales adaptées à chaque déformation, en postopératoire elle évalue les résultats (49). Trois incidences essentielles des pieds sont exigées dans l'HV ; la radiographie de face dorsoplantaire en charge, l'incidence de profil en charge, et l'incidence des sésamoïdes de Muller-Guntz.

5.1 Radiographie dorsoplantaire du pied en charge

✓ Technique de réalisation

Face dorsoplantaire en charge, idéalement en « schuss » des deux pieds simultanés pour plus de stabilité et mise en charge réelle de l'avant-pied. La distance source/plaque doit être à un mètre et à l'agrandissement 100 % (**Fig.29**) (2). Le rayon directeur descendant est incliné de 15° à 20° par rapport à la verticale pour être perpendiculaire au dos du pied. Toute la palette métatarsienne doit être visible ainsi que l'interligne cunéométatarsienne.



Figure 29. Technique de l'incidence de face du pied (dorsoplantaire en charge)

✓ Intérêt de l'incidence

Deux mesures angulaires sont fondamentales : l'angle HVA et l'angle IMA (**Fig.39**), ceci permet de classer la sévérité de l'HV et d'adapter l'indication et les corrections opératoires (cf. Classification de Coughlin) (**Tableau 2**) (50).

Le valgus phalangien de l'hallux correspond à l'angulation entre la phalange proximale et la phalange distale (angle P1P2) ; en cas d'Hallux valgus, sa mesure est faussée par la pronation du gros orteil qui entraîne une projection de trois quarts de l'hallux sur le cliché de face. D'autres mesures sont importantes dans la compréhension de la physiopathologie de cette pathologie :

- le DMAA correspond à l'orientation plus ou moins latérale de la surface articulaire distale par rapport à l'axe de M1. Son augmentation est caractéristique des Hallux valgus congénitaux, et sa non-correction est un des facteurs de récurrence après chirurgie (55) ;
- l'obliquité du premier cunéiforme (angle CM1) est l'angle entre l'articulation Cunéométatarsienne et la perpendiculaire à la tangente au bord médial du 1^{er} cunéiforme (52).
- la distance entre le sésamoïde latéral et l'axe du deuxième métatarsien (SL/M2) : Il n'existe aucune différence de mesure entre les pieds « normaux » et les pieds porteurs d'Hallux valgus ou d'Hallux rigidus (53). Dans l'Hallux valgus il n'existe pas de luxation des sésamoïdes par rapport à la tête M1 mais seulement une rotation ;
- l'angle d'ouverture ou d'étalement de l'avant pied (angle M1M5) : d'intérêt limité ; il est formé par les axes des 1^{er} et 5^e métatarsien. Sa valeur moyenne normale est de 15° à 20°. Cette incidence radiographique permet également d'évaluer le centrage des sésamoïdes sous la tête de M1 (7).

Enfin, ce cliché permet l'évaluation :

- de la *congruence articulaire* entre la tête de M1 et la base de P1. Elle peut être conservée dans les HV juvéniles avec un DMAA très augmenté, mais le plus souvent il existe une incongruence liée à l'Hallux valgus (55) ;
- de la *morphologie de la tête de M1* : tête ronde ; tête plate ; ou tête en Chevron (20) ; une tête aplatie ou « carrée » résiste mieux aux forces valgisantes, alors qu'une tête très arrondie peut prédisposer à l'Hallux valgus (4) (**Fig.31**) ;
- de l'*index métatarsien (Fig.30)* : les têtes métatarsiennes s'organisent selon une courbe régulière, dite « *parabole de Lelievre* », suivant la formule $M1 < M2 > M3 > M4 > M5$. Elle se traduit par un angle de 135-140° environ entre la tangente aux têtes de M1-M2 et la tangente aux têtes de M2-M5 (angle de Meschan). La longueur respective des métatarsiens est évaluée plus précisément selon les

critères de Maestro (47) ; où M_2 est $\geq M_1$ de 2-3 mm ; $M_3 < M_2$ de 3 mm ; $M_4 < M_3$ de 6 mm ; $M_5 < M_4$ de 12 mm.

Il peut s'agir d'un *Index Minus* si M_1 est plus court que M_2 , d'un *Index Plus Minus* si M_1 et M_2 sont de longueur égale, enfin *Index Plus* si M_1 est plus long que M_2 . Idéalement, la tête de M_1 est en retrait par rapport à celle de M_2 (*Index Minus*). Cet index doit être respecté lors des corrections chirurgicales afin d'éviter des métatarsalgies de transfert sur les rayons latéraux liées à un raccourcissement par l'ostéotomie métatarsienne de M_1 (54). Il doit également exister un alignement entre le centre du sésamoïde latéral et le centre de la tête M_4 ; définissant la ligne SM_4 appelé axe d'amortissement-freinage-propulsion de l'avant-pied qui est perpendiculaire à l'axe diaphysaire de M_2 .

- la mise en évidence d'éventuelles lésions dégénératives associées des articulations métatarsophalangiennes ou celle de Lisfranc.

✓ *Classification de Coughlin (Tableau 2)* (50)

-Déformation légère : définie par un angle IMA $< 13^\circ$ et HVA entre 20° - 30° ;

-Déformation modérée : un IMA $> 13^\circ$ mais HVA entre 30° - 40° .

-Déformation sévère est caractérisée par un IMA $> 20^\circ$ et HVA plus de 40° .

Cependant la gravité de l'HV et l'histoire naturelle des déformations ainsi que leur traitement sont également influencés par la stabilité de l'articulation cuanéométatarsienne du premier rayon (angle CM1 oblique, hypermobilité CM1) et la congruence de la MTP1 (55).

Tableau 2. Critères de Classification de l'Hallux valgus selon Coughlin et de Robinson (2) (9)

Hallux valgus	Coughlin	Robinson
Léger	HVA > 30 ; IMA < 13	IMA < 14
Modéré	HVA < 40 ; IMA > 13	$14 > \text{IMA} > 20$
Sévère	HVA > 40 ; IMA > 20	IMA > 20

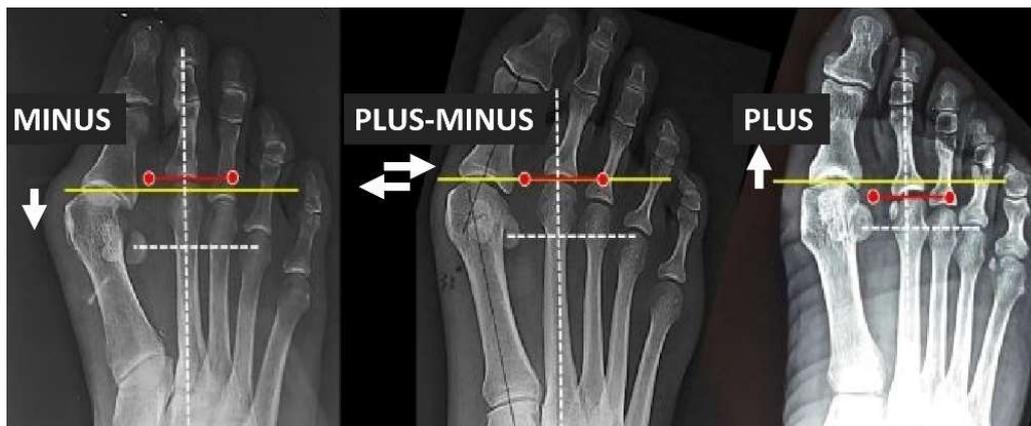


Figure 30. Index métatarsien (méthode de Maestro)



Figure 31. Formes de la tête de M1 ; en vert tête ronde : Instable ; en rouge tête plate ; en jaune tête en Chevron



Figure 32. Mesure de l'éminence médiale de la tête de M1

5.2 Radiographie de profil du pied en charge

- ✓ *Technique de réalisation* : le patient est debout, passe un pied en devant de l'autre en équilibre. Le rayon directeur est horizontal, passe par le plan d'appui, et est centré sur le milieu du bord interne du pied (os naviculaire) (**Fig.33**).
- ✓ *But* : ce cliché permet de faire le bilan d'un pied plat ou creux associé éventuellement à un Hallux valgus et pouvant être source de métatarsalgies (58). Il permet surtout de tracer la pente de M1 (**Fig.34**) ; et de rechercher une éventuelle arthrose.
 - *Mesures radiographiques* : L'angle d'inclinaison des métatarsiens (entre l'axe du métatarsien et l'horizontale). Cet angle diminue de R1 à R5, en passant de 25° pour M1 à 5° pour M5 (**Fig.34**) (59) ;

- L'angle de l'arche médiale (ou angle de Djian) ;
- L'axe talométatarsien (ou ligne de Méary-Toméno) ;
- La pente calcanéenne (pitch angle).



Figure 33. Technique de l'incidence de profil du pied en charge



Figure 34. Incidence pied de profil en charge. Mesure de l'angle d'inclinaison des métatarsiens. L'angle de l'arche médiale (Djian) (vert) ; et l'angle du calcanéus (jaune).

5.3 Incidence axiale des Sésamoïdes de Walter-Müller-Guntz

Elle permet l'étude de l'arche antérieure du pied et l'évaluation de l'HV dans sa composante rotatoire par la mesure de l'angle de rotation sésamoïdienne (SRA) (**Fig.36**) (58).

- ✓ *Technique de réalisation* : le patient est debout en appui sur les têtes des métatarsiens sur une cale radio-transparente, en relevant les orteils et le talon. Le rayon directeur est tangent au plan d'appui horizontal et centré sur le milieu du talon. A l'état normale : les têtes des métatarsiens en charge sont à équidistance du sol et les sésamoïdes sont de part et d'autre de la Crista.
- ✓ *But* : objectiver des zones de sur-appui ou de défaut d'appui (suspectées à l'examen clinique) et étudier la position des sésamoïdes et leur morphologie : partition, fracture, ostéonécrose. On peut également dépister une hypoplasie de la Crista (source d'instabilité métatarso-sésamoïdienne) et arthrose métatarsosésamoïdienne.
- ✓ *Variantes* : *incidence de Walter-Müller* : le patient est couché en procubitus ou à genou, les orteils sont en hyperextension, le bord plantaire du pied est vertical, rayon directeur est tangentiel à la tête des métatarsiens et perpendiculaire à la cassette (**Fig.35**) (2).

- ✓ *L'incidence de Guntz Modifiée (Bernard-Mortier)* : imposant l'usage d'une scopie afin de positionner la diaphyse de M1 strictement verticale. Elle permet d'obtenir une bonne approximation de la pronation de M1 toujours retrouvée dans l'Hallux valgus en moyenne de $12,7^{\circ}$ ($0-40^{\circ}$).

Conclusion :

La radiologie de face permet de diagnostiquer et classifier la sévérité de l'HV (cf. Classification de Coughlin). La longueur de M1 et l'angle CM1 sont très sensibles à l'inclinaison du rayon incident. Dans l'Hallux Valgus, il n'existe pas de luxation des sésamoïdes par rapport à la tête du premier métatarsien mais seulement une rotation (angle de rotation sésamoïdienne : SRA) (58) (53).

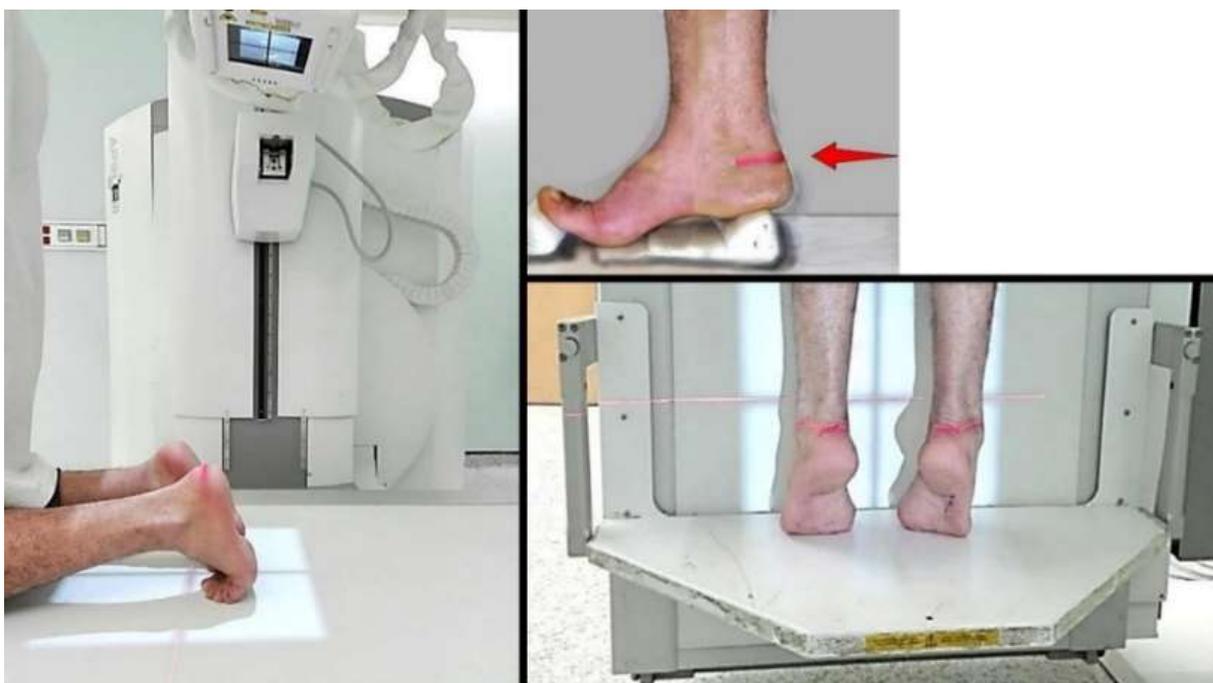


Figure 35. Différentes technique de l'incidence des sésamoïdes de Walter-Müller et Guntz

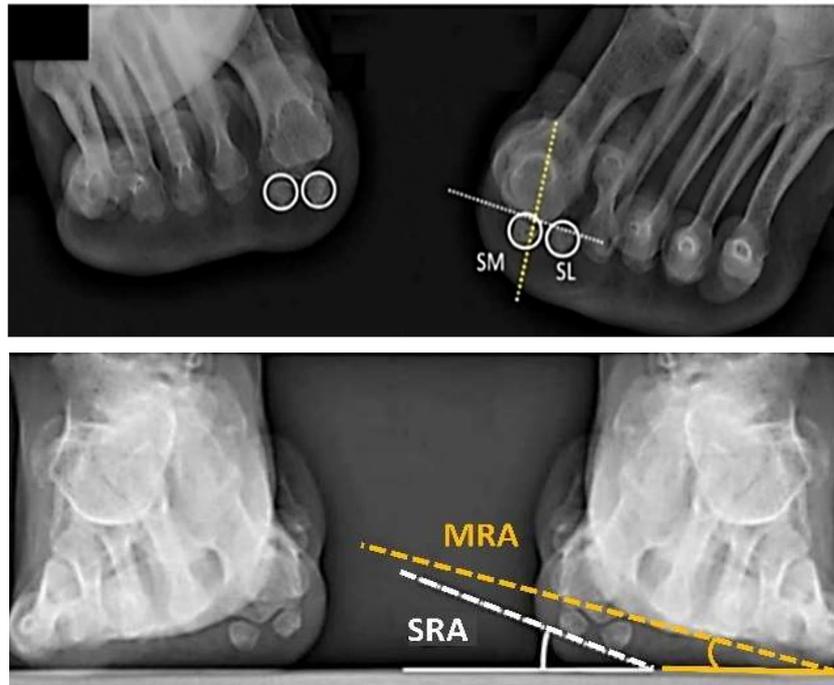


Figure 36. Incidence en décharge de Walter Müller (sésamoïdes excentrés) et Incidence en charge de GUNTZ et mesure de la rotation axiale des sésamoïdes (SRA) et de M1 (MRA).

5.4 Métrologie de l'Hallux valgus

Les mesures obtenues sur des radiographies du pied dans la pathologie de l'Hallux valgus pour évaluer les différentes composantes de cette difformité sont simples d'apparence ; en réalité la mesure dans une projection biplane d'une déformation tridimensionnelle rend compte de la complexité réelle de cette analyse radiographique (60).

5.4.1 Méthodes de mesure

Les mesures manuelles sont réalisées avec un *Goniomètre* ou mieux avec un *Rapporteur* (**Fig.37**) celui-ci est plus précis avec des graduations circulaires d'un degré (contre 2° à 5° pour le goniomètre). Lors des mensurations, le même outil de mesure doit être utilisé pour toutes les radiographies que ce soit pré ou postopératoires.

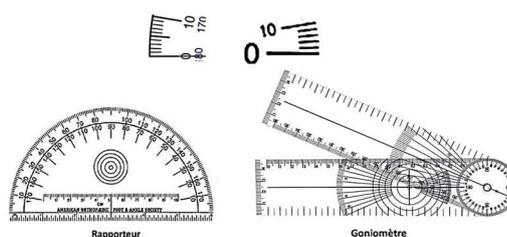


Figure 37. Les mesures au Rapporteur sont plus précises que sur un Goniomètre (Graduations en degrés)

5.4.2 Angles métatarsophalangien et intermétatarsien

L'angle métatarsophalangien ou angle d'Hallux Valgus (HVA) : une déviation latérale de P1 par rapport à M1 de plus de 15° constitue un Hallux valgus ($15,7^\circ$ par Hardy et Chapman et 12° par Steel et al.) (2)(7). L'angle intermétatarsien (IMA) : un *metatarsus varus* de M1 est défini par un IMA supérieur à 10° (plus de 9° pour Coughlin, $8,5^\circ$ par Hardy, et plus de 7° par Steel et al.) (2)(7).

La détermination de l'axe de M1 que partagent ces deux angles peut être réalisée selon deux méthodes ; une *mesure diaphysaire* qui suit le milieu de la diaphyse de M1, elle est d'évidence inappropriée lorsqu'il s'agit de réaliser des mesures dans les suites d'une ostéotomie métatarsienne ; et une *mesure épiphysaire* au milieu de la surface articulaire ou au centre de la tête de M1. La méthode épiphysaire est mise en défaut par des repères manquant de précision ou affectés après une bunionectomie élargie. La méthode préconisée par l'AOFAS (*The American Orthopaedic Foot & Ankle Society*) (**Fig.38**) est l'association d'une mesure préopératoire diaphysaire et d'une mesure postopératoire utilisant le centre de la tête M1 et le milieu de la jonction diaphysométaphysaire proximale.



Figure 38. Méthodes de mesure diaphysaire et épiphysaire ; A : mesure diaphysaire
 B : mesure épiphysaire postopératoire utilisant le centre du cercle de Mose
 C : Mesure de l'angle IMA pré- et postopératoire par la méthode de Graves.

-Repères : L'axe diaphysaire de M1 est tracé selon des repères placés entre un et deux cm des surfaces articulaires distale et proximale à la jonction diaphysométaphysaire, et à mi-distance entre les bords extérieurs des corticales médiale et latérale. L'axe diaphysaire de M2 est déterminé de la même manière. Le centre de la tête métatarsienne est déterminé en utilisant le cercle de Mose d'un rapporteur

qui doit s'inscrire à l'intérieur des bords médial, latéral et distal de l'extrémité céphalique. L'axe *diaphysaire de P1* est tracé selon les mêmes repères à 0,5 et 1 cm des surfaces articulaires phalangiennes (**Fig.38**) (63).

-*Mesures postopératoires* : La mesure de l'angle IMA par une double méthode diaphysaire et épiphysaire permet de déterminer la part de correction angulaire propre à l'ostéotomie et celle liée à la réductibilité du *metatarsus varus* au niveau de l'articulation tarsométatarsienne, attribuée en général à l'arthrolyse métatarsophalangienne latérale :

- la différence entre l'angle IMA épiphysaire postopératoire et l'angle IMA diaphysaire peropératoire traduit le gain total de correction angulaire ;
- la différence entre les angles IMA diaphysaires, pré et postopératoires, traduit le gain obtenu par l'arthrolyse seule ;
- la différence entre les deux résultats précédents donne le gain obtenu par la translation osseuse seule. La translation osseuse postopératoire peut être mesurée par la distance entre les axes diaphysaire et épiphysaire de M1 au niveau de la surface articulaire. Ce qui peut aussi être exprimé en pourcentage par la distance rapportée à la largeur de la tête métatarsienne (**Fig.38C**) (61).

5.4.3 Angles phalangiens

La déviation angulaire au niveau de l'hallux est mesurée par deux angles :

- l'angle interphalangien (*IPA*) : $\leq 10^\circ$ (**Fig.39**) ;
- l'angle d'obliquité de la surface articulaire proximale de P1, dénommé PPAA (*proximal phalangeal articular angle*) ou DASA (*distal articular set angle*). Sa valeur normale est $< 8^\circ$.
- *Angles phalangiens et Hallux valgus* : Il existe une corrélation inverse entre les angles HVA et IPA. La part du valgus interphalangien (IPA) dans l'Hallux valgus est évaluée à près de 28 % du valgus global. L'angle IPA est significativement inférieur dans les HV modérés ou sévères, ce qui met en cause la pronation phalangienne (2) (60).



Figure 39. Hallux valgus angle (HVA) ; Intermetatarsal angle (IMA) et angle TASA (tangential angle to the second axis) entre la surface articulaire distale de M1 et la perpendiculaire à l'axe diaphysaire de M2. (2) Distal metatarsal articular angle (DMAA); proximal articular set angle (PASA). (3) Interphalangeal angle (IPH). (4) Asymmetry P2

5.4.4 DMAA

La mesure de l'angle DMAA dénommé aussi PASA (*proximal articular set angle*) (**Fig.39**) s'effectue entre l'axe diaphysaire de M1 et la perpendiculaire à la ligne joignant les bords médial et latéral de la surface articulaire distale. Idéalement nulle ; sa valeur est positive lorsque l'orientation de la tête est vers M2, et négative si dans l'autre sens (62).

- *Valeurs* : L'angle DMAA moyen est autour de 6 à 8°, avec un écart très important de valeurs comprises entre 14 et 30°. Il n'y a pas de différence significative selon le sexe, la longueur de M1 ou la forme de la surface articulaire distale. L'angle DMAA augmente avec l'âge d'une valeur de 4,5° (en 40 ans). Il est considéré comme pathologique au-delà de 8°.
- *DMAA et Hallux valgus* : L'angle DMAA est fortement corrélé à l'angle HVA et, de façon moindre, avec l'angle IMA. La translation horizontale du métatarsien en varus et sa rotation axiale modifient de façon significative la valeur du DMAA (2), qui augmente en pronation et diminue en supination. Ainsi, la mesure préopératoire du DMAA est indicative, mais son évaluation est peropératoire.

5.4.5 DM2AA ou TASA

Le DM2AA ou TASA (*tangential angle to the second axis*) est défini par l'angle entre la surface articulaire distale de M1 et la perpendiculaire à l'axe diaphysaire de M2 (**Fig.39**). Sa valeur normale est de $0^\circ \pm 5^\circ$. Il reflète à la fois le DMAA et l'angle intermétatarsien par la relation géométrique suivante : $DM2AA = DMAA - IMA$

(63). La correction du DM2AA au plus près de zéro degré est plus pratique et plus aisée en peropératoire que le DMAA.

Congruence articulaire : Elle est évaluée par la position relative de repères placés au niveau des bords médial et latéral des surfaces articulaires métatarsienne distale et phalangienne proximale, et de lignes joignant ces points de repère. Piggott définit trois types d'Hallux valgus (55) (**Fig.40**) :

- *HV congruent* pour lequel les surfaces articulaires sont parallèles ;
- *HV dévié* pour lequel les surfaces articulaires ne sont plus parallèles ;
- *HV subluxé* pour lequel il apparaît un décalage des surfaces articulaires.



Figure 40. Hallux valgus et congruence articulaire MTP1 (A : congruence ; B : deviation ; C : subluxation) Calcul du point « ms » (metatarsal shortening

Mesure du point « ms » : (metatarsal shortening) décrit par Barouk est dans un HV subluxé le point le plus proximal du bord latéral de P1 (**Fig.40**)(66) (49). La distance qui le sépare de l'extrémité distale de la surface articulaire de M1 sur un tracé orthogonal aide à déterminer le degré de raccourcissement métatarsien nécessaire à la réduction de la subluxation pour une correction pérenne de l'HV.

Position des sésamoïdes : Sur l'incidence de face, la position du SM est évaluée relativement à l'axe diaphysaire de M1 : classification simplifiée de Smith est en quatre grades (**Fig.41**) (2). Sur l'incidence tangentielle Walter-Müller-Guntz la position des sésamoïdes est évaluée relativement à la crista en 04 grades aussi.

5.4.6 L'angle de rotation des sésamoïdes ou SRA :

est défini entre la tangente des bords inférieurs des sésamoïdes médial et latéral et l'horizontale (**Fig.36**) (2), sa valeur normale est de $7,4^{\circ} \pm 7,3^{\circ}$. Il n'y a pas de corrélation entre la position des sésamoïdes en vue dorsoplantaire et en vue tangentielle. Les explications en sont d'une part le recentrage des sésamoïdes lors de

la mise en flexion dorsale de la MTP1 en incidence tangentielle, d'autre part la rotation métatarsienne qui explique l'absence de superposition entre l'axe métatarsien qui sert de référence dans le plan frontal et l'axe de la crête sésamoïdienne qui sert de référence dans le plan horizontal.



Figure 41. La classification simplifiée de Smith, évalue la position du sésamoïde latéral par rapport au bord latéral de la tête du 1^{er} métatarsien (ABCD), Sur l'incidence tangentielle Walter-Müller-Guntz la position des sésamoïdes est évaluée relativement à la Crista

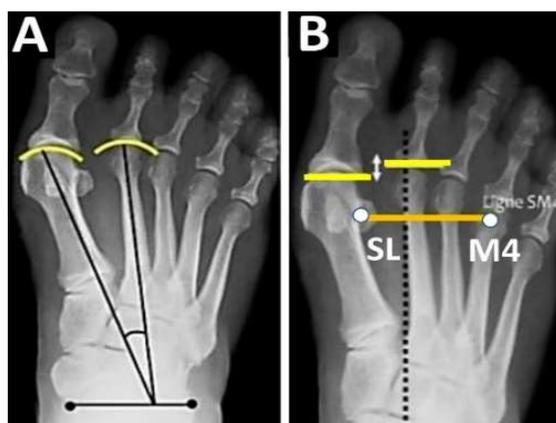


Figure 42. Longueur relative de M1M2 : **A.** Méthode de Hardy et Clapham
B. Méthode de Maestro et La ligne SM4

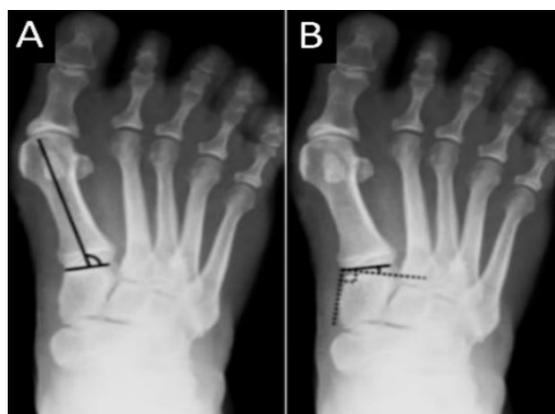


Figure 43. Angles d'inclinaison de la CM1 : **A.** Angle cunéométatarsien (ACM1) **B.** Angle d'inclinaison de la surface articulaire distale de C1 (DCAA).

Rotation métatarsienne : L'angle de rotation du métatarsien (MRA) est défini en incidence tangentielle, entre une ligne passant par les bords médial et latéral de la surface articulaire plantaire de M1 et l'horizontale (**Fig.36**) (2), il mesure $1,6^\circ$ ($\pm 9,8^\circ$). Longueur relative des métatarsiens : On attribue un index à M1 en comparant sa longueur relative avec M2 (**Fig.42**). Plusieurs méthodes sont décrites : *La méthode de Morton*, fondée sur la distance entre les tangentes aux surfaces articulaires distales de M1 et M2, est mise en défaut par le *metatarsus varus* (47). *La méthode de Hardy et Clapham*, et la méthode simplifiée utilisent la longueur relative entre des axes diaphysaires de M1 et M2. *La méthode de Maestro* prend pour référence deux lignes perpendiculaires : Une ligne représente l'axe longitudinal du pied (la tangente au bord médial de la diaphyse de M2) et une ligne nommée *SM4* (**Fig.42D**), tracée perpendiculairement à l'axe du pied depuis le centre du sésamoïde latéral au centre de la tête du quatrième métatarsien. Un M1 long est défini par une distance M1M2 supérieure à 3 mm, une ligne SM4 déplacée en distal. Un M1 court est défini par une distance M1M2 supérieure à -7 mm, une ligne SM4 déplacée en proximal.

5.4.7 L'angle cunéométatarsien

L'Articulation cunéométatarsienne (CM1) (**Fig.43**) est évaluée par des angles visant à mettre en évidence une inclinaison articulaire cunéenne ou métatarsienne prédisposant au *metatarsus varus*. *L'angle cunéométatarsien* (ACM1) est défini entre une ligne tangente à la surface articulaire distale du cunéiforme et l'axe diaphysaire de M1 (A) ; il mesure 102° ($\pm 12,5$) (2). *L'angle d'inclinaison* (DCAA) de la surface articulaire distale du cunéiforme et *L'angle d'inclinaison de la base de M1* (PMAA) (**Fig.43**). Dans 25 % des spécimens il existe une surface articulaire entre les bases de M1 et M2 qui serait responsable d'une irréductibilité du *metatarsus varus* (65).

Au total : La métrologie permet par des critères objectifs de guider la chirurgie de l'Hallux valgus et d'en contrôler les résultats. Ces critères sont : le degré de la déformation, (angles HVA et IMA et la position des sésamoïdes) ; le degré et la topographie proximale ou distale des déformations phalangiennes, évalués par la mesure des angles IPA et PPAA ; le caractère tridimensionnel de l'HV évalué par les mesures du DMAA et de la rotation métatarsienne ou sésamoïdienne.

La congruence articulaire est déterminante dans le choix d'une arthrolyse latérale associée ou d'un raccourcissement associé de M1 mesuré par la position du point ms ; la longueur relative de M1M2 afin d'éviter les métatarsalgies de transfert ; et enfin la présence d'un *metatarsus adductus* qui modifie la valeur relative de l'angle IMA.

CHIRURGIE DE L'HALLUX VALGUS

6.1 Introduction

Le traitement chirurgical de l'Hallux valgus a connu une évolution importante au cours du temps, et depuis la publication des premières techniques par le chirurgien allemand Carl Hueter en 1871 (3), de nombreuses méthodes chirurgicales ont été proposées par de multiples auteurs, visant toutes à rétablir une architecture de l'avant pied la plus proche de la normale. On en dénombre aujourd'hui plus de 130 techniques (62). En dehors des gestes communs, les techniques chirurgicales ainsi que leurs buts ont évolué sans cesse grâce aux nouveaux ancillaires et matériaux implantables introduits dans cette chirurgie ; mettant en considérations la biomécanique et l'étiopathogénie de l'HV. Aujourd'hui cette chirurgie ne vise pas seulement la correction du valgus et la disparition de l'oignon, elle cherche à traiter la déformation dans les trois plans de l'espace et à prendre en considération tous les facteurs locorégionaux.

Dans le chapitre techniques chirurgicales, deux grandes classes existent ; celles ne conservant pas l'articulation métatarsophalangienne dites *radicales* (résection arthroplastique, arthrodèse MTP1, prothèse métatarsophalangienne) et celles qui la conservent dites *conservatrices* qu'elles concernent exclusivement les parties molles ou qu'elles soient associées à des ostéotomies (23). Dans la chirurgie conservatrice la douleur détermine l'indication, quel que soit le degré de déformation. L'âge, le sexe, le mode de vie ne sont pas des limites à l'intervention ; en effet tout dépend de la qualité des tissus et de l'âge physiologique du patient.

Le traitement non chirurgical de l'Hallux valgus est indiqué pour les patients refusant de se faire opérer, avec une déformation peu symptomatique (1) (66), ainsi

que pour les patients chez qui les risques opératoires ou anesthésiques sont plus élevés par rapport aux bénéfices de cette chirurgie fonctionnelle. Le but ici est de soulager les symptômes sans aucun effet correcteur sur le désordre anatomique de l'avant-pied ni sur la progression de la maladie. Il fait appel à l'adaptation du chaussage, aux supports plantaires et écarteurs interdigitaux, à la contentions nocturnes et diurnes associée à la rééducation fonctionnelle et soins de pédicurie. L'application du froid et les médicaments antiinflammatoires et antalgiques seront prescrits en cas de bursite aigue.

6.2 Techniques chirurgicales

La correction de l'Hallux valgus ne laisse pas de place aux traitements hygiéno-diététique, ceux-ci ne sont qu'un moyen d'attente ou un préalable à la chirurgie (70), surtout en présence d'une symptomatologie qui se répercute sur la qualité de vie. Cependant il n'existe pas de chirurgie préventive (2).

6.2.1 Les interventions radicales :

Corrigent les troubles architecturaux au prix d'une modification irréversible de l'articulation métatarsophalangienne. On distingue :

A. Les résections arthroplastiques de la 1^{re} MTP

Il s'agit d'interventions dont le but est de réaliser une résection osseuse avec arthrolyse MTP1, libération et recentrage de la sangle sésamoïdienne ; et capsuloplastie médiale. La résection ostéoarticulaire proximale métatarsienne emporte une partie plus ou moins importante de la tête de M1 : Mayo (1908) (3). La résection distale phalangienne emportant la base de P1 : Keller-Brandes (1904) et Viladot (2). Un « Spacer » temporaire en cupule peut être interposée pour éviter la fusion osseuse (*prothèse bouton*) (68).

Aujourd'hui ces techniques sont abandonnées car elles aggravent l'insuffisance du premier rayon (raideurs douloureuses et récurrences fréquentes du valgus difficiles à reprendre) ; mais peuvent être proposées chez des personnes très âgées peu demandeuses sur le plan fonctionnel pour soulager une symptomatologie invalidante (36).

B. L'arthrodèses MPT1

Il s'agit d'une fusion articulaire selon des critères géométriques précis ; essentiellement utilisées pour les arthropathies destructrices de la MTP1 (**Fig.46**) (69). Elles conservent des indications pour traiter certains HV sévères du sujet âgé, où elle combine la correction angulaire et rotationnelle du 1^{er} rayon au traitement de la douleur. Elle trouve sa place aussi dans le traitement des échecs de la chirurgie de l'Hallux valgus (28) ; et l'ostéonécrose de la tête M1 (32). L'arthrodèse permet un déroulement harmonieux du pas, à condition que les articulations talocrurale et interphalangienne du gros orteil soient indemnes (74).

C. Les Prothèses métatarsophalangiennes

Deux grandes catégories d'implants sont utilisées ; les prothèses en silicone ; et les prothèses à glissement métal-plastique (le plus souvent) (**Fig.47**) (23). Les premières, Proposées par Swanson en 1979 (71) en raison des succès obtenus dans la chirurgie de la main, possèdent un corps d'interposition en Silastic®. Les deuxièmes comportent un implant métallique métatarsien et une surface de glissement phalangienne en polyéthylène, cimentée, ou pas. La stabilisation, confiée à deux tiges axiales. Ces prothèses restent peu utilisées en raison des défaillances mécaniques avec dégradations secondaires des implants (fracture, luxation) et l'induction de destructions osseuses et réactions à corps étrangers périprothétiques (2). Elles constituent une voie de recherche dans la chirurgie de l'HV.



Figure 44. Carl-Hueter-1838-1882

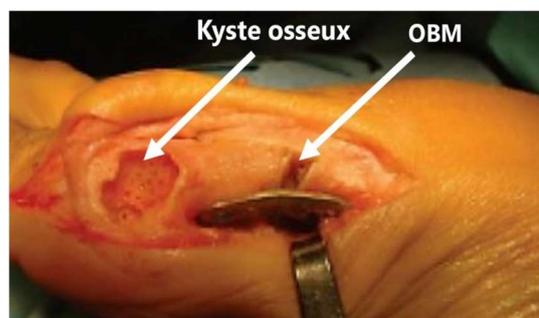


Figure 45. Enorme kyste osseux de la tête de M1 obligeant de réaliser une OBM dans la correction de l'HV.



Figure 46: Intervention radicale (arthrodèse)

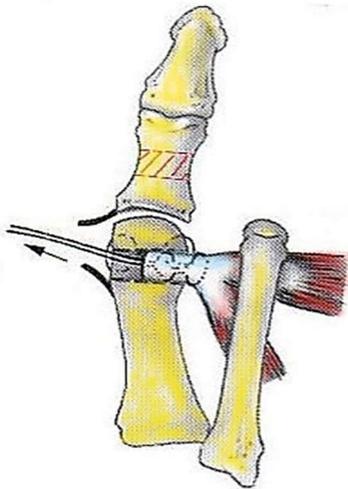


Figure 48. Intervention conservatrice : Technique de MacBride.



Figure 47. Prothèse à trois composants (d'après b. Devos Bevernage) (5).

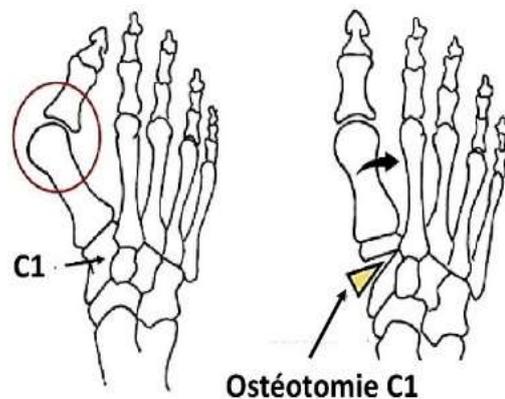


Figure 49: ostéotomie d'ouverture médiale du premier cunéiforme (30)

6.2.2 Interventions conservatrices respectant la MTP1

A. Chirurgie des parties molles

Elles associent des gestes d'arthrolyse et de libération des tissus mous à des gestes de stabilisation de la réduction, et des fois à une ostéotomie de P1.

-*Technique de Smith Petersen (1888) (72)*

La réduction du *metatarsus varus* est ici confiée à un point intercapsulaire entre les deux premières articulations métatarsophalangienne. Lelievre en 1974 (2) propose une ténodèse de l'ADDH fixé par un point sur la face latérale de la tête de M1.

-*Technique de MacBride (1928) (22) (Fig.48)*: Inspirée par les travaux de Silver (82), elle a été modifiée par l'auteur à plusieurs reprises (McBride 1928, 1935, 1954), puis par Du Vries et Méary qui suppriment la sésamoïdectomie latérale (2). L'originalité dans la réduction du *metatarsus varus* réside dans

la réalisation d'un transfert du tendon conjoint sur la face médiale de M1 au travers d'un tunnel osseux foré dans le col de M1 et suturé à la capsule médiale (Joplin, 1950). Le MacBride a été la technique de choix utilisée dans le traitement de l'HV jusque dans les années 1990 P. Groulier (83). Sa hantise reste le réglage de tension qui devrait permettre de corriger la déformation. L'adoption du Scarf début 1990, permettant de corriger le *metatarsus varus* sans suspendre durablement l'appui a très nettement réduit l'utilisation du MacBride (15).

B. Les ostéotomies conventionnelles

Elles permettent une correction adaptée aux déformations, de façon qualitative (choix de l'ostéotomie) et quantitative (amplitude des déplacements). Elles sont stabilisées par une ostéosynthèse ou une ostéosuture (3) :

- *Les ostéotomies phalangiennes* : La technique d'Akin (1925) (76).
- *Les ostéotomies métatarsiennes proximales ou Ostéotomies Basimétatarsiennes (OBM)*. Elles permettent du fait du long bras de levier d'avoir des grands déplacements ; avec un fort pouvoir correcteur du *metatarsus varus (IMA)* (**Fig.58**) (77). Leur inconvénient est d'être difficiles à régler, avec risque élevé d'aggravation du DMAA. Proposées pour la correction des HV surtout sévères, à certaines reprises d'HV, parfois quand le métatarsien est étroit, limitant des translations osseuses importantes. Une indication particulière est l'HV avec un kyste volumineux de la tête de M1 (**Fig.46**) (78).

Les ostéotomies métatarsiennes distales : Celles-ci sont nombreuses et visent toutes à corriger Les angles HVA et surtout le DMAA en réorientant la surface articulaire distale de M1 (79), mais restent limitées dans la correction des IMA. Leur hantise est l'ostéonécrose de la tête du 1^{er} métatarsien. La première ostéotomie métatarsienne distale décrite fut celle de Reverdin et Barker en 1881 (3) ; elle consistait en une ostéotomie *intra-articulaire* de fermeture médiale. Par la suite de très nombreuses variations ont été publiées en fonction du siège, de la longueur et de l'obliquité des traits. Austin en 1962 (80) a proposé une *ostéotomie en V* et lui a donné le nom de « *Chevron* ». Elle est associée à l'arthrolyse latérale et à l'ostéotomie de P1. Cette ostéotomie en Chevron fut progressivement optimisée passant d'un dessin en « *V* » à un dessin en « *L inversé* » (**Fig.63**) (2) ; avec un allongement vers la métaphyse de la partie inférieure du

trait réalisant un « *Chevron long* » pour plus de stabilité, voire même une ostéotomie « *en biseau* » selon Benichou. Elle a été qualifiée en 2007 à l'*American Academy of Orthopaedic Surgeons* (AAOS) (2) de « *Gold standard* » de la chirurgie de l'HV chez le sujet jeune non arthrosique.

Les ostéotomies métatarsiennes diaphysaires : Permettent une bonne correction de l'IMA, avec action directe sur la longueur du métatarsien. Décrites par Ludloff (1918) et Mau (1926) (2), c'est surtout après la description faite de l'*ostéotomie plane oblique longue* par J. M. Burutaran (1973) que ces ostéotomies ont eu un véritable essor avec l'apparition de l'ostéotomie « Scarf » promue aux États-Unis par Lowell Scott Weil (1984) (82) (**Fig.68**) et en Europe par Louis Samuel Barouk (36). Cette ostéotomie est devenue, comme le Chevron, un « *Gold standard* » de la chirurgie de l'avant-pied (2). Elle très versatile et permet des corrections dans les trois plans de l'espace. Elle a bénéficié des progrès de l'ostéosynthèse, des outils chirurgicaux et de nombreuses évolutions comme le Scarf autostable (**Fig.62**) (23) (76).

L'ostéotomie métatarsienne bifocale : proximale et distale, dérivée de l'ostéotomie bipolaire de Schnepf (1983) (3) ; cette technique s'adressait électivement aux HV majeurs comportant un gros *metatarsus varus*. Actuellement elle connaît un regain d'intérêt dans de la chirurgie percutanée.

Les ostéotomies du premier cunéiforme et Arthrodèse CM1 : Les études de dissection anatomiques et les analyses radiographiques ont rapporté que la surface de 1^{er} cunéiforme dans l'articulation CM1 est inclinée médialement chez 65-80 % des patients souffrant d'HV, concluant que le site d'origine de *Metatarsus Primus varus* chez les patients souffrant d'HV est la 1^{ère} articulation cunéométatarsienne (Walter Truslow 1925) (5). L'ostéotomie d'ouverture médiale du C1 (**Fig.50**) (2) est la procédure de choix dans ces cas pour diminuer l'inclinaison de la 1^{re} CM ; réduire les angles principaux de l'Hallux valgus (IMA-HVA) et éviter de créer un cal vicieux de M1.

L'arthrodèse de la première cunéométatarsienne, décrite par Lapidus en 1934 (29) (94), est une technique très efficace qui supprime l'articulation CM1, réduit le *metatarsus varus* et abaisse M1.

C. La chirurgie mini-invasive

C'est Morton Meyer Polokoff (1945) (**Fig.52**) père de la chirurgie à petites incisions (*Minimal Incision Surgery*) (3) qui a proposé des techniques de chirurgie, réalisée au travers d'incisions très limitées voire percutanées, sous contrôle radiologique, permettant la prise en charge des lésions du pied et de la cheville avec une hospitalisation ambulatoire. Ceci est grâce à l'apparition et au développement d'instruments spécifiques de base et des mini-moteurs (fraises motorisées, amplificateur de brillance) (**Fig.51**). En 1988 Isham Stephen publie sa célèbre technique percutanée introduite en Europe par de Prado (**Fig.52**) (95). L'ostéotomie de Reverdin modifiée par S. Isham ou « Reverdin-Isham osteotomy » (85) (86) devient à la mode. Toutes les ostéotomies - résections osseuses, libération capsulaire et corrections angulaires sont effectuées par voie percutanée permettant un alignement du premier rayon, dérotation de l'hallux et correction du DMAA. Théoriquement, les procédures percutanées réduisent le traumatisme chirurgical, le temps opératoire avec potentiellement moins de complications et une récupération plus rapide. Cependant elle reste limitée pour les HV légers à modérés et reste hantée par le problème de précision des gestes; le contrôle de la douleur en ambulatoire ; et un risque accru de raideur post-opératoire (97).

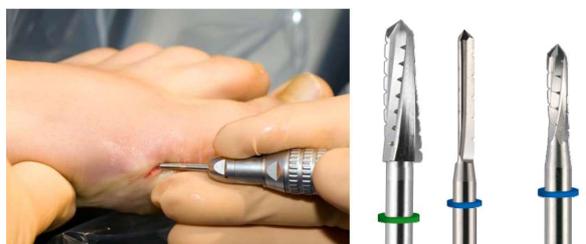


Figure 50. Fraises motorisées permettant pour réaliser des ostéotomies percutanées.



Figure 51. Ambassadeurs de la chirurgie percutanée : Dr. Morton Meyer Polokoff (A) Mariano De Prado (B) et Isham Stephen (C).

6.3 Principes fondamentaux de la chirurgie de l'Hallux valgus

La chirurgie réparatrice de l'HV repose sur le respect de certains principes fondamentaux : obtention de l'alignement des pièces osseuses du premier rayon (M1, sésamoïdes, P1 et P2) ; en considérant le rapport avec le deuxième métatarsien (index métatarsien harmonieux) et prise en compte du terrain

en particulier de la rétraction des gastrocnémiens et du pied plat valgus. Quatre gestes chirurgicaux obligatoires sont à respecter (64) : la *release* externe, l'ostéotomie M1, l'ostéotomie P1, et la capsulorrhaphie médiale. Le but à atteindre en fin d'intervention est :

- corriger le valgus et la pronation de P1 ($HVA < 15^\circ$)
- réduire le *metatarsus varus* ($IMA < 10^\circ$) ;
- restaurer la congruence métatarsosésamoïdienne ;
- restaurer la congruence et l'orientation de l'articulation MTP1 : dans le plan coronal (correction de la pronation de l'hallux) et axial (DMAA) ;
- Le maintien d'une longueur adaptée de M1 (index plus-minus ou minus) ;

Permettant d'avoir dans les suites opératoires :

- Un appui pulpaire correct (cliniquement ongle parallèle au sol) (**Fig.19**) ;
- Une mobilité suffisante de la première métatarsophalangienne et préservation de la vascularisation de la tête métatarsienne
- La récupération d'un bon niveau fonctionnel et d'un chaussage esthétique. Il a été démontré que l'incongruence, et l'hypermobilité CM1 étaient des facteurs préopératoires prédictifs de risque de récurrence en cas de non correction (2).

6.3.1 *Release latérale*

La libération des rétractions tissulaires au contact du sésamoïde latéral constitue le premier temps de la correction de l'HV dans pratiquement tous les cas (88), sa négligence conduit automatiquement à une hypocorrection (89). Elle permet de libérer de l'espace pour repositionner M1 sur les sésamoïdes ; de rééquilibrer la balance musculaire intrinsèque autour du 1^{er} rayon ; et de supprimer le moment valgusant des muscles extrinsèques (FHL et EHL). Il peut s'agir de section unique large et horizontale du *ligament suspenseur* (HV léger), de section du *ligament suspenseur* et du *tendon conjoint* (HV modéré), ou la libération complète de la partie latérale de la sangle sésamoïdienne avec section du *ligament suspenseur*, ténotomie du *conjoint* et désinsertion complète de l'*adducteur* sur le SL (36). Certains vont jusqu'à rajouter la section du *ligament intermétatarsien profond*, voire une *sésamoïdectomie latérale* (23) (énorme sésamoïde arthrosique qui ne trouve pas sa place et gêne la reposition de la tête de M1). Quelle que soit la

technique utilisée, cette *release* doit se faire pas à pas (en contrôlant la réductibilité de l'hallux en peropérateur), et en faisant attention au ligament *collatéral latéral métatarsophalangien*. Car insuffisante, elle expose à la récurrence précoce ; excessive, elle engendre un HV iatrogène (90).

▪ *Voies d'abord* : la libération peut être pratiquée en utilisant :

a. *Une approche intermétatarsienne ou voie commissurale* recommandée par Barouk et Groulier (19) (**Fig.77**). Directe est facile, c'est la voie *classique* décrite dans la technique MacBride. Sans danger, et précise elle permet une meilleure libération latérale, avec moins de dommages collatéraux et offre aussi un abord aisé éventuel de la 2^e métatarsophalangienne (66).

b. *Une voie d'abord unique médiale* (92) (**Fig.83**) : Elle permet par un même abord, libération et ostéotomie, il s'agit d'une voie transarticulaire médiale sous-capitale promue par M. Maestro (2), ou d'une voie médiale extra-articulaire par décollement sous-cutané au-dessus de l'EHL pour aborder l'espace intermétatarsien.

c. *La voie percutanée et technique endoscopique* : dans la chirurgie percutanée, cette libération est le plus souvent utilisée après les gestes d'ostéotomie(85). La *release* par voie percutanée sous contrôle endoscopique reste expérimentale.

▪ L'insuffisance de libération (**Fig.97B**) (2) :

Une *release* insuffisante est source d'une Hypocorrection ou de récurrence ; et ne peut être rattrapée par une ostéotomie P1. En effet l'excès d'ostéotomie de P1 par effet d'interligne oblique, va aggraver une incongruence articulaire non corrigée voire une véritable luxation latérale de P1 sur M1

▪ L'excès de libération et hallux varus : une *release* excessive est source d'échec avec installation du redoutable Hallux varus iatrogène (89) (**Fig.97A**). Ceci nous rappelle l'intérêt du caractère séquentiel de la libération avec respect du *ligament collatéral latéral*. Une autre complication iatrogène des plus difficiles à rattraper est la déformation en griffe de l'hallux ou « *Cock up deformity* » (**Fig.53**) (2). Son traitement est l'arthrodèse.



Figure 52. Griffe iatrogène de l'hallux par section du tendon conjoint (Cock-up deformity) (89). (chez une jeune femme de 23 ans, opérée dans le secteur privé et adressée chez nous pour correction. Patiente non incluse dans notre série d'étude).

6.3.2 Exostosectomie (Bunionectomie)

La résection de la saillie médiale de la tête de M1 fait partie des gestes à effectuer systématiquement, au même titre que l'ostéotomie et la libération tissulaire latérale. En effet, cette excroissance osseuse est souvent à l'origine d'une bursite inflammatoire et douloureuse par frottement avec la chaussure et qui constitue volontiers la doléance principale du patient (66). La résection osseuse isolée ne peut se concevoir que dans des cas très particuliers où l'on veut effectuer un geste simple et peu agressif aux objectifs limités (chaussage sans conflit). Techniquement le trait de l'exostosectomie doit toujours être en dedans du sillon vertical médial de la tête de M1. Ce sillon correspond à une gorge physiologique destinée à recevoir le bord médial de P1 et doit stabiliser le sésamoïde média. Le repère le plus sûr est de réaliser une ostéotomie dans le prolongement distal du bord médial de la corticale de M1 (2) (**Fig.82**).

6.3.3 Retention tissulaire médiale

La capsulorrhaphie médiale est un geste classique, toujours pratiquée pour refermer en dedans l'articulation MTP1. Son but n'est pas de corriger la déformation mais de stabiliser la réduction préalablement obtenu par une ostéotomie osseuse ou le transfert de l'adducteur (McBride) ; de maintenir ouverte la brèche capsulaire latérale, recentrer le tendon du FHL ; de stabiliser le repositionnement de la tête de M1 sur les sésamoïdes. Barouk (38) préfère le terme « retention tissulaire médiale » à « capsulorrhaphie » parce que la su-

ture va inclure le tendon de l'ABDH qui va être repositionné et redevenir médial. C'est une suture passée au ras du sésamoïde médial, transfixiant le tendon de l'ABDH en prenant soin d'éviter scrupuleusement la branche terminale sensitive du *nerf plantaire médial*. Outre la résection capsulaire complétée d'une raphie longitudinale, différentes procédures de lambeau (VY, paletot) et de réinsertion transosseuse ont été rapportées.

Dans la chirurgie percutanée la capsulorrhaphie médiale est négligée (94).

6.3.4 Réaxation de M1

Cet alignement doit se faire dans les trois plans de l'espace ; assurant une correction de l'angle IMA, HVA et du DMAA avec rechaussage des sésamoïdes par translation horizontale ; correction de la pronation de la tête dans un plan coronal ; et abaissement ou relèvement de M1 dans le plan vertical.

a. Alignement horizontal

-*Correction de l'angle IMA* : La réduction de cet angle passe par une *ostéotomie de translation* de type Scarf et Chevron, basimétatarsienne ou par une *arthrodèse* de la 1^{re} cunéométatarsienne.

-*Correction du DMAA* : d'évaluation difficile, sa mise en évidence est souvent peropératoire. La négligence de sa correction est un facteur de risque de récurrence (63). Les ostéotomies Scarf et en Chevron, en exerçant des manœuvres de rotation dans le plan du trait de coupe horizontale, sont particulièrement efficaces.

b. Alignement coronal :

La pronation de l'hallux est retrouvée dans les grandes déformations. Elle est généralement corrigée en retirant un fragment osseux médial sur le fragment plantaire.

c. Alignement vertical : abaissement ou relèvement

Chez les patients souffrant de métatarsalgies des rayons latéraux présentent l'abaissement de R1 lors des manœuvres de translation permet le rechaussage des sésamoïdes et d'harmoniser l'appui métatarsien (**Fig.69**).

d. Correction de l'index métatarsien

La restitution relative de la longueur des métatarses en privilégiant un index « plus moins » ou « moins » est préférable pour retrouver un morphotype

harmonieux de la palette métatarsienne, et une bonne distribution des pressions plantaires (49).

6.3.5 Réaxation de P1

Elle passe par la correction de l'angle HVA de l'angle IMA ; par le rechaussage des sésamoïdes (release) et surtout par une ostéotomie de P1 (ostéotomie d'Akin) (85).

6.3.6 Considérations du terrain régional et général

- *Terrain régional*

Il s'agit principalement, du *pied plat valgus* (42) et la rétraction des gastrocnémiens (*gastro courts*) (105). Dans le Pied-plat valgus, le valgus de l'arrière-pied augmente les contraintes sur l'arche médiale du pied et donc sur l'articulation CM1 et MTP1. Il est préférable de corriger simultanément ou antérieurement le valgus de l'arrière-pied par des orthèses plantaires ou des ostéotomies calcanéennes. La fréquence de la rétraction des gastrocnémiens dans l'HV est démontrée (106), en effet par l'intermédiaire de la partie médiale de l'aponévrose plantaire elle aggrave le valgus de l'hallux et l'hyperappui de l'avant-pied. L'allongement proximal du gastrocnémien médial améliore significativement les résultats (45).

- *Terrain général*

L'hyperlaxité qu'elle touche l'articulation CM1 seule dans l'HV de haut grade, ou qu'elle soit constitutionnelle, doit être prise en compte et lui préférer dans ces conditions une arthrodèse MTP1. Les maladies neurologiques en raison de la spasticité et du caractère difficilement contrôlable ou prévisible de celle-ci doivent être considérés dans le traitement de l'HV et là aussi, il faut privilégier l'arthrodèse. Le diabète n'est pas une contre-indication à la chirurgie conservatrice, mais un équilibre premier de la glycémie est primordial chez ces patients à risque.

6.4 Ostéotomie de P1 d'Akin

Initialement décrite par Dr. O.F. Akin en 1925 (107) elle consistait à une résection de l'exostose médiale de la première tête métatarsienne ; suivie d'une "ostéotomie cunéiforme" de la base de la phalange proximale, avec

bascule du gros orteil en varus (**Fig.57**). Dr Akin en fait ainsi le seul traitement de cette déformation ; et ses résultats bons pour les HVI ; se sont montrés très décevants dans le traitement de l'HV, notamment l'HV incongruent, avec 90 % de raideur et de subluxation articulaire (2). Longtemps utilisée comme geste complémentaire de la technique de MacBride ; cette ostéotomie regroupe aujourd'hui, toujours sous le nom d'Akin, de nombreuses variantes, qu'elle soit de varisation de raccourcissement ou de rotation, de siège proximal, diaphysaire ou distal, de direction transversale ou oblique, quel que soit son mode de fixation (108). Les indications de l'ostéotomie d'Akin sont l'Hallux valgus interphalangien (HVI) et l'Hallux valgus (85) (106), dont elle est une des composantes thérapeutiques.

6.4.1 *Hallux valgus interphalangien*

L'HVI est défini par la relation angulaire entre les axes diaphysaires des phalanges proximale et distale de l'hallux (*Interphalangeal angle* ou IPA) (111). Décrit par Daw en 1935 (2) ; ce valgus interphalangien possède deux composantes : l'obliquité de la surface articulaire distale de P1, et la déviation latérale de P2 ; qui serait le composant majeur du valgus interphalangien. La pathogénie de l'HVI met en cause la nature acquise par les contraintes exercées de la chaussure durant la croissance. Les fractures ostéochondrales chez l'enfant ; un enchondrome ou à une exostose intra-articulaire sont aussi incriminés. Mais actuellement la nature congénitale de l'HVI semble admise avec sa mise en évidence sur des fœtus humains.

HVI et Hallux valgus : Il existe une corrélation inverse entre l'angle d'Hallux valgus et l'angle d'HVI (IPA) (2) ; en effet cette déviation interphalangienne est significativement supérieure sur des pieds sans HV. Les contraintes liées au chaussage seront absorbées au niveau de la MTP1, préservant l'IP.

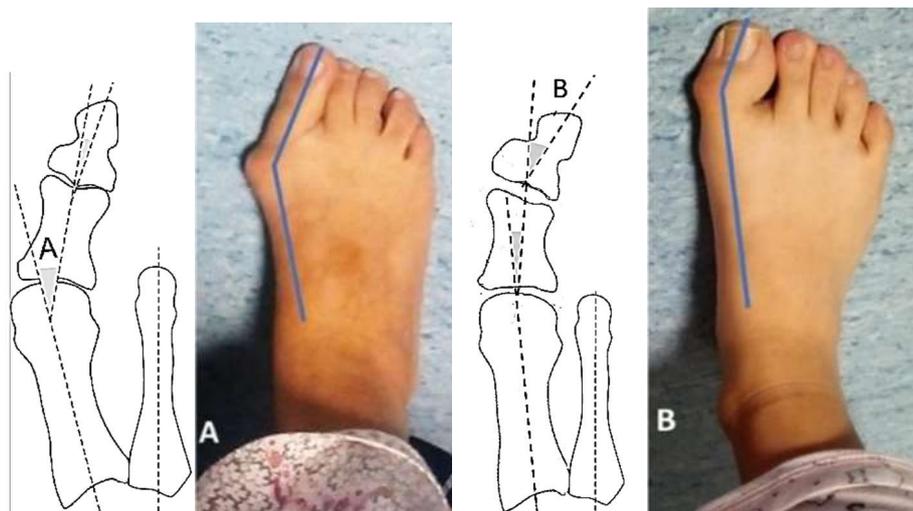


Figure 53. A. Hallux valgus ; B : Hallux valgus interphalangien (HVI)

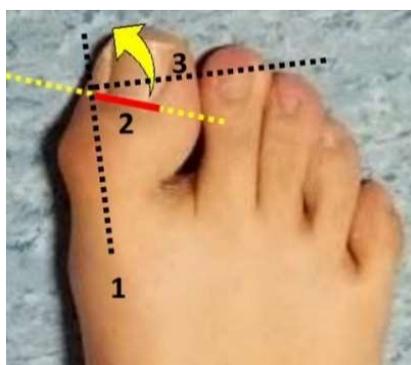


Figure 54. Contrôle clinique de la correction de l'ostéotomie de P1 selon la tangente de la base de l'ongle (2) de l'hallux et l'axe de celui-ci (1) qui doivent être perpendiculaires.

6.4.2 Techniques de l'ostéotomie phalangienne

L'ostéotomie classique d'Akin est une ostéotomie, de varisation réalisée selon un trait transversal par la résection d'un angle à base médiale et la préservation d'une charnière osseuse latérale (**Fig.57**) (103). Il y a deux sièges de cette ostéotomie du gros orteil, basale et diaphysaire. L'ostéotomie distale quant à elle corrige plus l'angle d'obliquité de la surface articulaire distale de P1 retrouvés dans l'HVI.

Ostéotomies basales : Ces ostéotomies sont indiquées dans le cas où le gros orteil n'est pas trop « égyptien » (inférieur à 3 mm). Leur fixation est facile avec agrafe oblique spécifique. On distingue plusieurs types : l'ostéotomie basale de varisation (**Fig.57A**), de varisation-dérotation (plane/oblique), et l'ostéotomies de raccourcissement (**Fig.57E**) (2).

Ostéotomies diaphysaires : Elles seront pratiquement toutes fixées par l'agrafe à mémoire, dédiée à cette localisation (22). Il existe trois formes d'ostéotomies diaphysaires :

Ostéotomies de raccourcissement : indiquée dans le pied égyptien (> 03 mm), et en cas d'arthrose. La résection d'un segment osseux diaphysaire cylindrique ou d'un trapèze permet un raccourcissement et une varisation associée.

Ostéotomie de dérotation : cette ostéotomie est indiquée quand une rotation notable demeure après les temps précédents. Quel que soit le degré de rotation nécessaire, cette ostéotomie va toujours obtenir une dérotation suffisante (20).

Ostéotomie de varisation (Fig.57C) : indiquée pour la correction de l'HVI.

Ostéotomies diaphyso-métaphysaires (obliques) : Il s'agit d'une ostéotomie oblique distale (**Fig.57B1**) ; ou oblique proximale (**Fig.57B2**). Elle offre une grande surface de contact et la charnière est plus flexible.

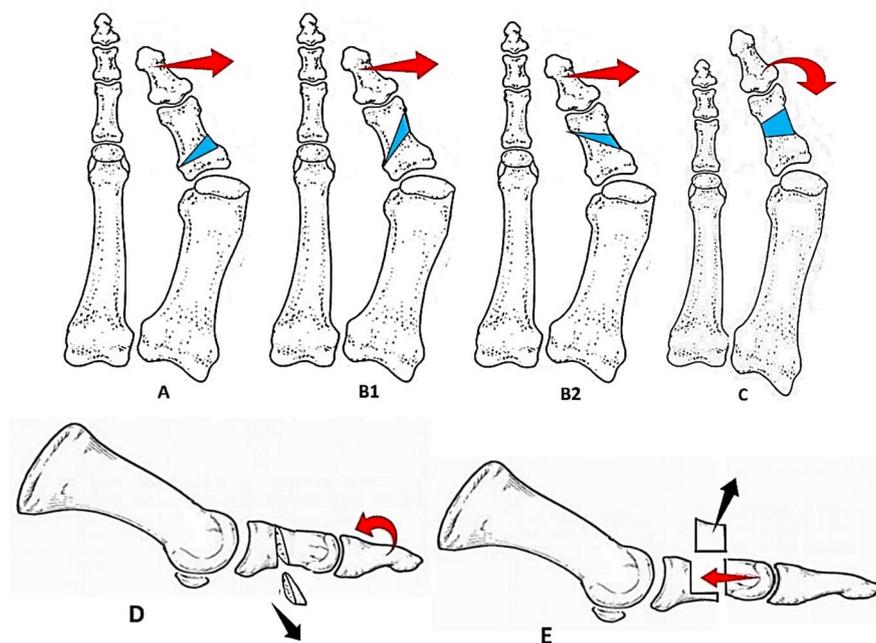


Figure 55. Les ostéotomies de la première phalange de l'hallux

Mesure de la correction

Les mesures du valgus IP sont sous-estimées lorsqu'il existe une pronation phalangienne associée. Aussi, une mesure radiographique peropératoire

après l'arthrolyse latérale et l'ostéotomie de M1 est souhaitée. De façon coutumière c'est le dernier temps opératoire dans la chirurgie de l'HV. Pour en déduire la mesure de la base de résection osseuse, il a été proposé le calcul trigonométrique. Il faut pour cela mesurer la largeur de la base de P1 : à 5 mm de la surface articulaire (≈ 18 mm chez l'Homme et ≈ 15 mm chez la Femme). Le calcul donne alors pour une correction angulaire de 10° une base de résection osseuse de 3 mm chez l'Homme et de 2,5 mm chez la Femme (2). L'objectif de l'ostéotomie d'Akin est de corriger l'angle de valgus IP en le ramenant à une valeur inférieure ou égale à 10° . La correction peut être contrôlée sur le parallélisme des interlignes articulaires MTP1 et IP, et cliniquement par la base de l'ongle qui doit être perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'Hallux (**Fig.55**).

Fixation de l'ostéotomie (Fig.56) :

Elle tient compte de la préservation d'une charnière osseuse latérale plus flexible et moins cassante au niveau métaphysaire qu'au niveau diaphysaire. Les moyens de fixation sont nombreux.

- Le cerclage

Métallique ou par fil résorbable, peut être réalisé au niveau de la corticale médiale à travers deux orifices de part et d'autre du trait d'ostéotomie (111), ou à travers quatre orifices, deux médiaux et deux latéraux. Son avantages la simplicité, le faible coût, mais sa stabilité dépend principalement de la résistance de la charnière latérale.

- L'ostéosynthèse par agrafe

Préconisée par Barouk qui utilise dans les ostéotomies proximales une agrafe décalée asymétrique adaptée à l'épaule de l'angle inféromédial de P1, ce qui permet de diriger l'agrafe parallèlement à l'interligne articulaire et d'éviter son effraction. Plus fiable en zone métaphysaire proximale qu'en zone diaphysaire ; elle a pour avantages son faible encombrement et une stabilité supérieure à celle d'un cerclage mais qui tient compte aussi de la préservation et de la résistance de la charnière latérale (19).

- L'ostéosynthèse par vis : Selon la technique développée par Barouk par une vis en compression à double filetage, allant de l'angle inféromédial au condyle latéral de la phalange. La visée est difficile compte tenu de

l'amincissement dans le plan sagittal de la phalange dans sa partie distale, ce qui implique un contrôle radiographique peropératoire.

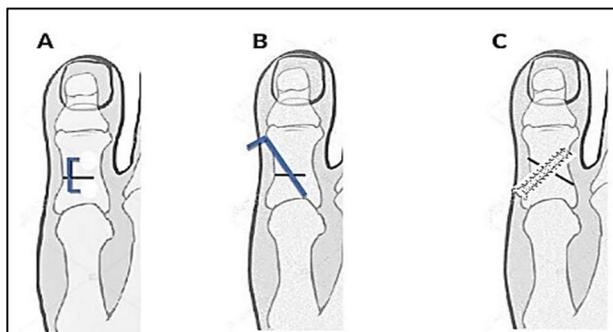


Figure 56. L'ostéotomie d'Akin et ses types de fixation, suture-cerclage, agrafe (A), Brochage (B) ou vissage (C) (8).

En conclusion l'ostéotomie de P1 est une composante essentielle du traitement chirurgical de l'HV ; elle permet d'améliorer le résultat anatomique, d'obtenir une bonne congruence articulaire et de diminuer le risque de récurrence. Pour autant, l'ostéotomie d'Akin ne doit pas compenser les défauts de correction de la MTP1, l'objectif thérapeutique étant l'obtention de deux interlignes IP1 et MTP1 parallèles. On retient aussi selon Barouk (37), que « lorsque l'on ne réalise pas d'ostéotomie phalangienne on le regrette toujours après ».

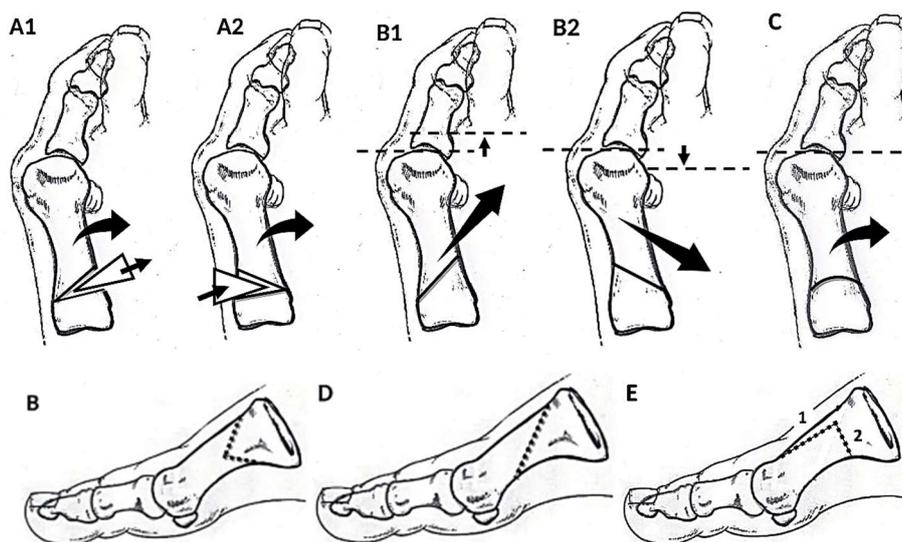


Figure 57. Ostéotomies basimétatarsiennes (OBM) : ostéotomie basale de fermeture latérale (vue plantaire : A1) ; D'ouverture médiale (vue dorsale : A2). Ostéotomie basale en Chevron (B) avec effet d'allongement (B1) ; et effet raccourcissant (B2). Ostéotomie basale curviligne (C). Ostéotomie basale de Ludloff (D) OBM mixtes à casquette (E : 1 trait dorsal, 2 trait plantaire)

6.5 L'ostéotomie en Chevron

L'ostéotomie en Chevron dénommée initialement « ostéotomie en V » était réalisée à l'origine sous forme de coupes en V isocèle avec un angle de 60° sans ostéosynthèse. La dénomination « Chevron » est dérivée de l'insigne militaire de l'épaulette de grade de caporal (grade de sergent pour l'armée Algérienne)(112). Elle est attribuée à la fois à Austin (1962) et Leventen et à Corless (2) qui décrit en 1976 les premières ostéotomies en V par modification de la technique de Mitchell (113). L'ostéotomie est surtout popularisée par Johnson à partir de 1979 sous le nom d'*ostéotomie en Chevron* ; puis par Diebold (1992).

6.5.1 Indications :

L'ostéotomie en Chevron était initialement réservée :

- Aux patients d'âge inférieur à 50 ans ; l'âge supérieur est classiquement considéré comme facteur de raideur, et d'arthrose secondaire.
- Aux HV sans arthrose, en fait c'est la raideur articulaire qui accompagne l'arthrose qui est le critère essentiel de contre-indication au Chevron.
- De façon conventionnelle aux HV légers à modérés du sujet jeune. La raison principale étant l'instabilité potentielle de l'ostéotomie en Chevron (bascule latérale du fragment céphalique). Les recommandations faites depuis Johnson 1979 sont une translation osseuse comprise entre un tiers et la moitié de la largeur épiphysaire (03 à 06 mm) (**Fig.63**). En effet la largeur de l'épiphyse métatarsienne en arrière de la surface chondrale : est de 15,3 mm \pm 1,6 mm chez l'Homme et de 14,5 mm \pm 1,6 mm chez la Femme (2) ; ainsi, une translation osseuse de 50 % de la largeur épiphysaire correspond à une translation de 6 mm chez l'Homme et de 5 mm chez la Femme. Par calcul trigonométrique une translation de 01 mm se traduit par une correction de 1° d'angle IMA. Le pouvoir correcteur de l'ostéotomie en Chevron est donc de 5 à 6° de *metatarsus varus* pour une translation maximale de 50 %.

Indications élargies : Pour augmenter le pouvoir correcteur de l'ostéotomie en Chevron et pousser les indications aux HV sévères il faut : des gestes complémentaires sur les parties molles par l'arthrolyse ; des modifications du

dessin des coupes pour une plus grande translation latérale ; et l'utilisation d'une ostéosynthèse stable.

Mais il est important de retenir que la correction de l'HV repose sur un équilibre subtil entre le pouvoir correcteur de l'ostéotomie et celui de l'arthrolyse, et que l'association d'une ostéotomie à grand déplacement et d'une *release* extensive expose à un risque élevé d'hypercorrection, d'instabilité osseuse ou d'ostéonécrose (**Fig.74**).

Rôle de l'arthrolyse latérale : son association dans la correction de l'HV montre un gain notable de correction des angles IMA et HVA. Une ténotomie du tendon adducteur a un pouvoir correcteur de l'angle IMA de $03^{\circ} - 5,7^{\circ}$ (2).

Rôle de la translation osseuse latérale : l'utilisation d'une ostéosynthèse stable a introduit la notion d'*ostéotomie en Chevron à grand déplacement* (114), qui a permis d'obtenir avec une ostéotomie classique ; une translation osseuse moyenne de 10 mm et un gain de correction de l'IMA de $\approx 9^{\circ}$.

6.5.2 Coupes osseuses :

La technique originale (D. Austin 1981 et Johnson 1997) comprend une ostéotomie distale en V angulée à $50^{\circ} - 60^{\circ}$ dont le sommet est situé au centre de la tête de M1 ; et une translation réalisée manuellement strictement dans le plan coronal et moins d'un 1/3 de la largeur épiphysaire (environ 4-5 mm) ; sans ostéosynthèse ni arthrolyse latérale associée. *L'ostéotomie Picasso* qui se réfère à l'aspect radiographique postopératoire en baïonnette du premier rayon (2) (**Fig.61**) et *l'ostéotomie en biseau* (**Figure 59B**), sont les noms donnés à une même technique d'ostéotomie en Chevron à long trait plantaire, de M1 où la translation de l'ostéotomie peut être maximale avec conservation d'un contact minimal entre le bord médial du segment céphalique et le bord latéral du segment diaphysaire (**Fig.61**).

- Le premier trait est plantaire, réalisé au niveau de la corticale médiale de distal en proximal et se poursuit en retour à travers la corticale latérale de proximal en distal. L'orientation dans le plan vertical est classiquement parallèle à la face inférieure de M1, en visant la tête de M4, mais peut être plus plantaire ou, au contraire, plus dorsale selon que l'on désire abaisser ou, plus rarement, relever M1 (117).

• Le deuxième trait est transversal dorsal, juste en arrière de la synoviale articulaire, faisant avec le précédent un angle de 70 à 80°. L'orientation de ce trait détermine la longueur postopératoire de M1. *L'artifice de Maestro* décrit pour le Scarf (63) ; est réalisable également pour sa partie distale, permettant une stabilisation du Chevron grâce à la logette céphalique médiale recevant l'extrémité latérodistale du fragment dorsal après translation. On utilise cette technique en cas de raccourcissement ou en cas de dérotation pour corriger un DMAA. L'orientation oblique en latéral distal du trait dorsal évite le raccourcissement (**Fig.59**).



Figure 58. Technique de l'Ostéotomie en Chevron.

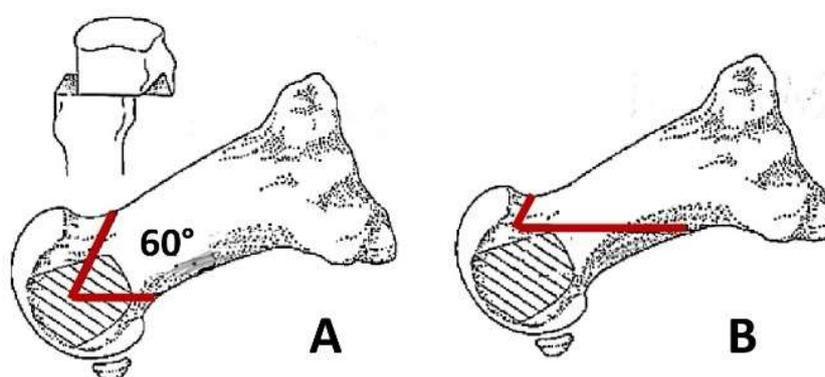


Figure 59. Ostéotomie en Chevron : **A** : technique original ; **B** : ostéotomie en biseau



Figure 60. Chevron Picasso. **A.** Radiographie préopératoire. **B.** postopératoire (103)

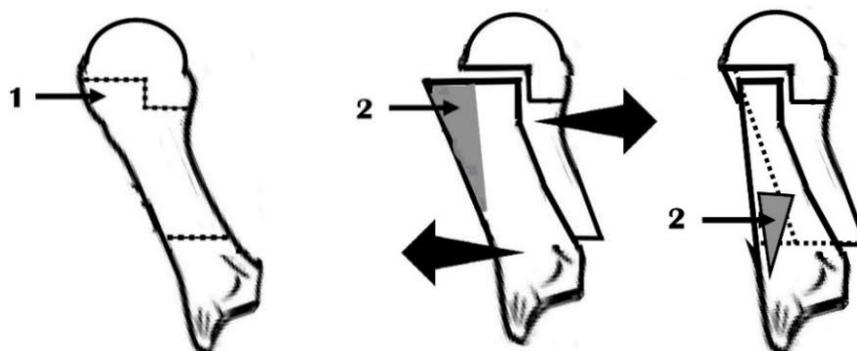


Figure 61. Artifice de Maestro : **1** : loquette céphalique utilisée pour le trait distal (Chevron ou Scarf), **2** : coins reséqué et encastré en zone métaphysaire proximale pour plus de stabilité (Scarf).

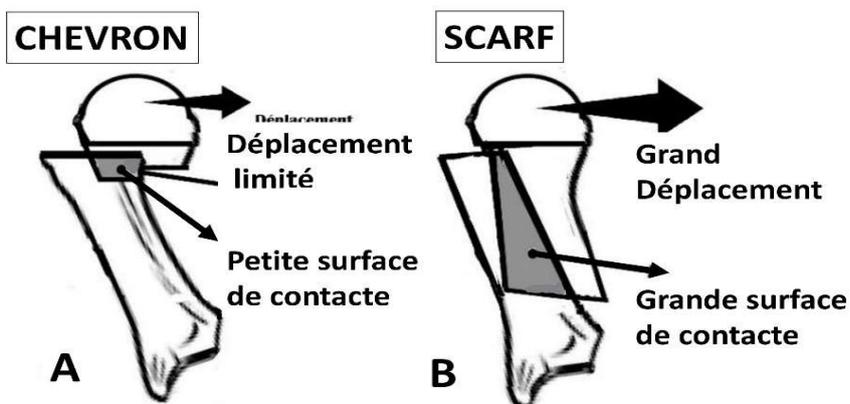


Figure 62. La translation osseuse ; **A.** Ostéotomie en Chevron, **B.** Ostéotomie Scarf
a. Déplacement

6.5.3 La translation osseuse

Elle ne doit pas être réalisée en force au risque de léser l'os (Fig.63). Il convient de vérifier le caractère complet de l'ostéotomie avant, le risque étant de réaliser une translation de la partie distale de l'ostéotomie uniquement et d'induire une valgisation de la tête de M1. La translation latérale est réglée sur le sésamoïde médial (62), qui doit être à l'aplomb de la face médiale de la tête M1. Un contrôle par le *test de simulation de charge (Fig.22)* permet d'apprécier le bon réaligement de l'hallux en charge.

Stabilisation : lorsque les coupes osseuses sont correctes, le Chevron doit avoir une stabilité primaire dans le plan vertical après déplacement, l'ostéosynthèse vient stabiliser les forces latérales. Dans les déplacements importants, la réduction doit être maintenue avant l'ostéosynthèse. L'ostéosynthèse est en général réalisée par vissage unicortical (vis canulée type Barouk) oblique de proximal-dorsal en distal-plantaire, se terminant dans le spongieux de la tête de M1 (Fig.85). Ce type de vissage ne stabilise pas uniquement l'ostéotomie mais absorbe directement selon son axe les contraintes de l'appui (*axial loading screw*) (104). La résection du débord osseux supéromédial peut servir à stabiliser l'ostéotomie comme une cheville osseuse. Une ostéosynthèse par plaque peut également être utilisée dans les Chevrons à grands déplacements ou sur un os très ostéoporotique.

La libération latérale : l'orteil étant maintenu en flexion plantaire ; elle est réalisée par voie commissurale ou par voie plantaire médiale, une fois les coupes d'ostéotomie en Chevron finalisée. Le ligament suspenseur est sectionné et, selon les cas (HV subluxés), l'insertion phalangienne du tendon conjoint également.

Bunionectomie ou régularisation osseuse : la bunionectomie médiale dans la technique de Chevron est économique. Il s'agit en fait d'une régularisation du débord osseux et de la tête de M1 afin d'obtenir une surface de travail plane.

Ostéotomie de P1 : Elle est réalisée avant la fermeture capsulaire ou après en cas de technique percutanée (116).

Capsulorrhaphie : La capsulorrhaphie médiale est toujours réalisée, avec suture des parties dorsale et plantaire. Puis on vérifie la réduction et la souplesse de l'hallux en flexion-extension. Le contrôle scopique est idéal avant le pansement, celui-ci

sera réalisé avec rigueur par bandage en compression appliqué dans le sens de la supination de l'hallux (**Fig.93**).

6.5.4 Variantes de l'ostéotomie en Chevron

Les variantes de l'ostéotomie en Chevron sont nombreuses, portant soit sur le dessin soit sur le sens du déplacement de l'ostéotomie.

a. Variantes sur le dessin de l'ostéotomie en Chevron :

par allongement soit de son trait dorsal soit de son trait plantaire, avec pour objectifs : augmenter la stabilité du fragment céphalique et de faciliter l'ostéosynthèse. On a l'ostéotomie en Chevron à long trait plantaire : elle semble réduire le moment des forces de flexion au niveau du trait d'ostéotomie et confère une stabilité intrinsèque. On distingue les ostéotomies à longue « aile » plantaire (*long plantarwing*) selon Elleby (2) (**Fig.64B**), à long trait plantaire parallèle au sol selon Donnelly (**Fig.64C**) ; en L inversé de Laird-Reverdin, dont les deux traits sont à angle droit et l'apex situé à mi-distance entre les corticales dorsale et plantaire (**Fig.64D**)

L'ostéotomie en Chevron à long trait dorsal (*offset V osteotomy*) (2) : avec un trait plantaire court se terminant juste en arrière de la surface articulaire et un long trait dorsal de 25 à 30 mm, l'angulation entre les deux variant de 55° à 70° (103) (**Fig.64A**). L'ostéotomie de Murawski (**Fig.64F**) ; est un chevron à angle aigu se terminant au milieu de la diaphyse permettant de réaliser des translations osseuses extrêmes (103). L'ostéotomie de Oh (**Fig.64E**) ; comprend trois traits :

b. Variation dans le sens de déplacement de l'ostéotomie en Chevron on a :

L'ostéotomie en Chevron de Youngswick (117) : caractérisée par la résection d'un segment osseux au niveau du trait dorsal du Chevron, qui vise à obtenir à la fois un effet d'abaissement et de raccourcissement de M1 (**Fig.65B**). Elle est indiquée dans les *metatarsus elevatus* et dans les M1 longs, où l'effet souhaité de l'ostéotomie est d'obtenir une augmentation de mobilité en flexion dorsale et une décompression articulaire (intéressante dans certains *Hallux Rigidus*).

l'ostéotomie en Chevron biplane : proposée par Mann, elle associe à la translation osseuse une correction du DMAA par une résection osseuse à base médiale (**Fig.65A**). Et l'ostéotomie en Chevron triplane : elle permet une correction du DMAA par une résection osseuse à base médiale et un abaissement de l'extrémité

céphalique par une inclinaison des deux traits d'ostéotomie dans le plan coronal (**Fig.66**) (103).

6.5.5 Conclusion

L'ostéotomie en Chevron est indiquée principalement dans les HV légers à modérés, sans arthrose, avec une mobilité articulaire préservée, l'âge n'étant pas un facteur discriminatif (117). Le Chevron classique, avec une translation osseuse ne dépassant pas 50 % de la largeur épiphysaire, a un pouvoir correcteur de 5 à 6° d'angle IMA. Ce pouvoir peut être augmenté par une modification du dessin de l'ostéotomie et par l'ostéosynthèse. L'ostéotomie en Chevron à long trait plantaire montre une stabilité supérieure, et des résultats comparables avec l'ostéotomie Scarf. Par résection osseuse au niveau du trait dorsal des effets d'abaissement et de raccourcissement sont possibles, ainsi qu'une correction du DMAA (ostéotomie biplane), et par une inclinaison associée du trait horizontal une correction dans les trois plans (ostéotomie triplane). Les risques principaux de l'ostéotomie en Chevron sont l'ostéonécrose avasculaire de la tête de M1 (121), rare mais aux conséquences redoutables, et la bascule céphalique (120) (**Fig.74**).

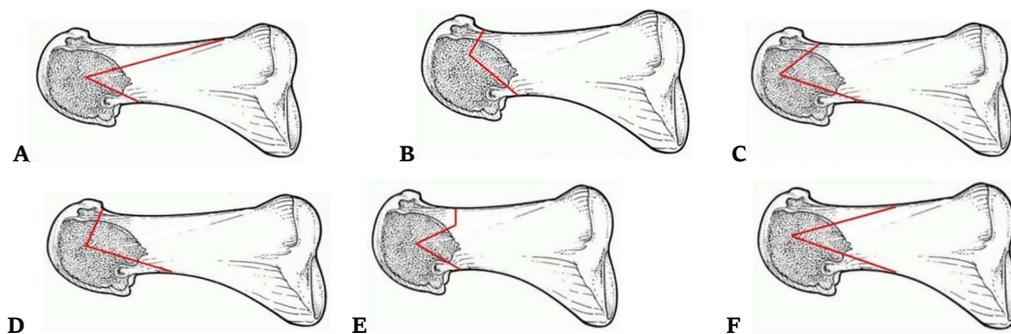


Figure 63. Variantes du Chevron selon le dessin de l'ostéotomie

A : à long trait dorsal, offset V osteotomy, **B** : à longue « aile » plantaire d'Elleby (long plantar wing osteotomy), **C** : à long trait plantaire de Donnelly (Chevron modifié), **D** : Chevron en L inversé de Laird-Reverdi, **E** : L'ostéotomie de Oh à 3 traits, **F** : L'ostéotomie de Murawski à 2 longs traits

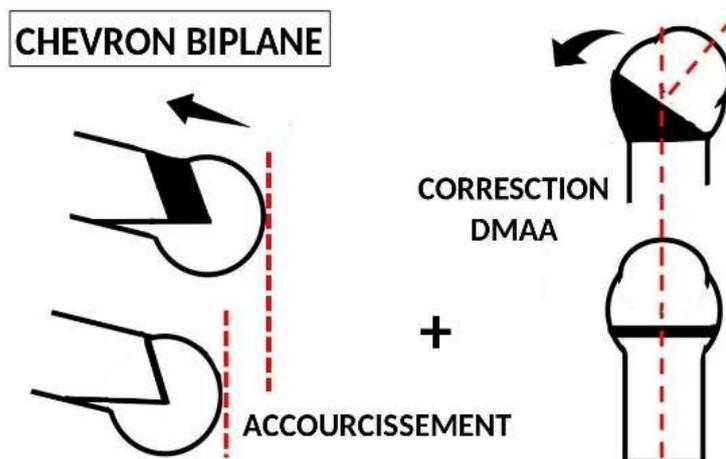


Figure 64: Ostéotomie Chevron biplane : associée à la translation osseuse une correction du DMAA par une résection osseuse à base médiale et un raccourcissement par une résection osseuse dorsale.

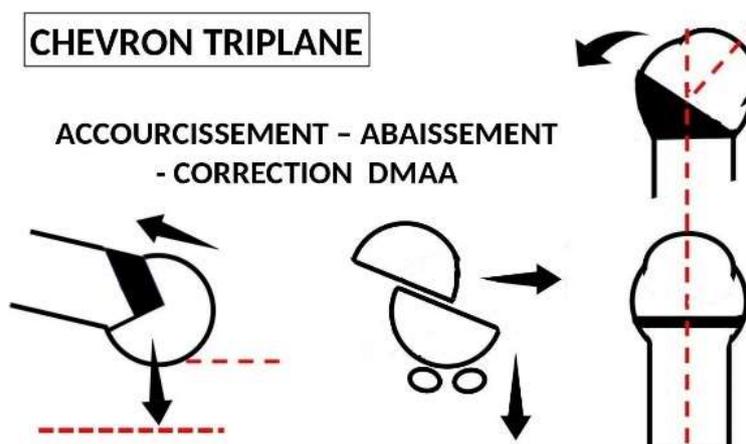


Figure 65. Ostéotomie Chevron triplane rajoute au précédent une inclinaison du deuxième trait de médial dorsal en latéral plantaire dans le plan coronal.

6.6 L'ostéotomie Scarf

L'ostéotomie de type Scarf est une technique chirurgicale fiable dans la prise en charge de l'Hallux valgus, autorisant un réglage dans tous les plans de l'espace et apportant une stabilité suffisante pour permettre un appui précoce malgré une ostéosynthèse légère.

6.6.1 Définition :

Le terme « Scarf » vient de l'expression « trait de Jupiter » ou « Jupiter's cut » des Anglo-Saxons (*Jupiter* dans la mythologie romaine ou *Zeus* chez les grecs étant le dieu présumé du ciel et de la foudre) (**Fig.66**) (19). Il s'agit d'un terme de charpenterie qui consiste à joindre les deux bouts de deux poutres par une coupe d'une

extrémité correspondant à la même coupe de l'autre en « Z » pour en allonger la portée. Puis les chirurgiens ont adopté ce terme dans la chirurgie de l'avant-pied notamment pour les ostéotomies du 1^{er} métatarsien (22). Il s'agit d'une ostéotomie en double Chevron, proximal et distal réunies par un long trait diaphysaire, offrant une grande surface de contact et de ce fait une importante stabilité lors des déplacements. Cette ostéotomie sépare un fragment dorsal et proximal qui doit être soigneusement protégé, spécialement en ce qui concerne sa face latérale, et un fragment plantaire et distal qui comprend la face plantaire et la tête métatarsienne (20). Le but de cette ostéotomie ici n'est pas d'allonger les deux fragments, comme dans la charpenterie mais plutôt pour des corrections angulaires et de translation. Le déplacement possible du fragment plantaire essentiellement en translation latérale, mais aussi dans plusieurs directions, confère au Scarf sa grande versatilité (93).

6.6.2 Historique :

Le Scarf a été initialement décrite par Meyer en 1926 qui a publié une technique opératoire qui comprenait une ostéotomie diaphysaire « Scarf-like » de M1 pour la correction de l'Hallux valgus (13). Cinquante ans plus tard, 1976 : J. M. Burutaran a pratiqué une ostéotomie similaire au trait du Scarf, mais pour l'allongement de M1. En 1983 Charles Gudas et KHZ. Zygmunt ont utilisé une ostéotomie semblable en Z ou « Z bunionectomy » avec un déplacement latéral du fragment distal (82). En 1984, Lowell Scott Weil (**Fig.67**) a popularisé cette technique aux États-Unis ; il a allongé le trait en Z et a étudié la vascularisation de la tête du 1^{er} métatarsien et ses relations avec cette ostéotomie (3). Il est l'auteur du nom « Scarf ». Début 1991 : Louis Samuel Barouk (66) a été l'ambassadeur de la technique en France et en Europe. Il a codifié les différents déplacements possibles et a introduit l'utilisation de vis à compression et à tête enfouie pour l'ostéosynthèse. Maestro (47) en collaboration avec Leemrijse a ajouté des artifices dans les coupes qui apportent une autostabilité après translation et permettent de se passer d'une ostéosynthèse dans nombre de cas. En collaboration avec Besse, il a ajouté la notion de correction de la pronosupination dans le trait d'ostéotomie. Actuellement le Scarf par technique mini-invasive est de plus en plus populaire dans le traitement de l'hallux valgus (121).



Fig. 66. Image de trait de Jupiter en charpenterie et en chirurgie de l'Hallux valgus

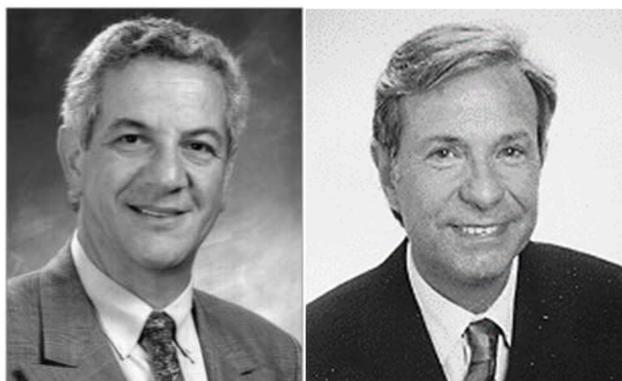


Figure 67. Ambassadeurs du Scarf : Lowell Scott Weil (G) et Louis Samuel Barouk (D)

6.6.3 Indications

Le Scarf s'est imposée depuis les années 1990 comme le *Gold standard* dans la correction de l'Hallux valgus (36)(82), il est adaptatif à pratiquement tous les cas quel que soit le degré d'atteinte articulaire ou celui de la déformation, il a une grande puissance de correction, et ce dans les trois plans de l'espace. Le Scarf apparaît en particulier comme la technique la plus fiable dans les cas d'HV évolués, les reprises, et les détériorations articulaires. Ceci est en partie dû à sa possibilité considérable de raccourcissement de M1.

Limites : On peut retenir :

- La qualité médiocre de l'os (ostéoporose...) qui affaiblit la stabilité après translation et risque d'impacter les fragments osseux (effet « tuile » ou « Troughing » des anglosaxons) (**Fig.97**) (100), ou causer une fracture ;
- L'inadéquation entre la largeur du métatarsien et l'importance de la translation à effectuer (métatarsiens fins et scléreux).

- l'IMA réduit qui limite la translation de M1 (le fragment plantaire translaté vient buter contre M2 en proximal).

6.6.4 Technique

a. les coupes osseuses :

Effectuées à la scie oscillante, elles doivent permettre de corriger le DMAA et la pronation de l'hallux ; la quantité d'os médial à enlever pour corriger cette pronation est calculée selon une correspondance à 1 mm pour 10° (2). Par contre le DMAA est souvent difficile à évaluer tant sur les radiographies préopératoires qu'in situ. L'utilisation d'une broche de Kirschner de diamètre 18/10e permet de prévoir et de guider l'axe de la coupe horizontale et de protéger la tête métatarsienne. La broche est positionnée au-dessus de la portion médiale de la tête de M1, suffisamment en arrière pour que le trait de scie dorsal respecte le pédicule céphalique dorsal. Son orientation dans le plan vertical est fonction de l'abaissement et de la supination prévus. Elle est classiquement parallèle à la face inférieure de M1, soit environ 40° par rapport à l'horizontale (**Fig.68**).

-*Coupe diaphysaire ou coupe horizontale longitudinale* : Effectuée en premier, elle débute au tiers inférieur métaphysaire proximal pour se terminer au tiers supérieur métaphysaire distal. La lame de scie entame la corticale médiale puis la corticale latérale sans changer de plan et en faisant attention à respecter la poutre latérale pour ne pas fragiliser l'os. Aux extrémités de la coupe, il faut s'adapter à la stratégie préopératoire choisie (effet d'allongement, neutre ou raccourcissement). Des variations sont possibles en fonction des effets d'abaissement ou de supination programmés (**Fig.69**) (82).

- Coupes transversales proximale et distale

- Classiquement pour le Scarf traditionnel : les traits de scie sont perpendiculaires à l'axe de M2 et d'une angulation d'environ 60° par rapport au trait horizontal ; ils sont ainsi dirigés de façon proximale pour permettre un meilleur déplacement latéral. Ceci est essentiel et la légère perte de longueur sera compensée par l'abaissement de la tête M₁.
- Pour le Scarf autostable : *l'artifice de Maestro* (**Fig.61**) (47) est réalisé ; son principe est une stabilisation par enclavement des deux fragments d'abord dans le foyer distal, on réalise une logette céphalique médiale destinée à recevoir l'ex-

trémité latérodistale du fragment dorsal après translation, et dans le foyer proximal du fragment plantaire, on confectionne une coupe en « queue de pie » (**Fig.70**) (22) qui s'encastre à cheval sur la corticale latérale de la base de M1. La technique entraîne forcément un raccourcissement qui peut être compensé à la demande, en obliquant la coupe distale d'autant que nécessaire. Dans l'Artifice de Curvale et *al.* (2) les contre-coups dorsale et plantaire sont très obliques et plus longues pour augmenter le contact osseux.

Trait transversal proximal

Le trait transversal proximal est pratiqué en premier afin de permettre au trait distal d'effectuer les déplacements et l'orientation souhaitée. Il est dirigé de façon proximale avec ou sans confection de la queue de pie. Il est réalisé sans danger grâce au décollement plantaire proximal (19).

Trait transversal distal : Ce trait est pratiqué de façon proximale par rapport à la capsule dorsale, il est extra-articulaire. Ceci est important pour préserver la mobilité et la vascularisation dorsale. Une angulation de 60° par rapport à la coupe horizontale est conseillée. La direction du trait peut être convergente, neutre ou divergente par rapport à l'axe de M2 (**Fig.71**) :

Trait neutre : perpendiculaire à l'axe de M2, crée un petit raccourcissement

Trait divergent de direction plus distale : on crée un effet d'allongement qui sera compensé par l'impaction de la queue de pie (*cf. supra* « Artifice de Maestro »)

Trait convergent de direction plus proximale : l'accourcissement est plus important (utile dans les canons égyptiens) (**Fig.70-71**).

Déplacements

L'ostéotomie Scarf permet un choix considérable de déplacements. Dans le plan transversal, il s'agit surtout d'un déplacement latéral et d'une correction du DMAA. Dans le plan frontal, il s'agira d'un abaissement plus fréquent qu'une élévation (**Fig.72D**), et dans le plan sagittal d'un raccourcissement si nécessaire. Un déplacement en rotation axiale pour corriger la pronation de l'hallux est aussi possible.

Translation

Le déplacement latéral est le dénominateur commun de l'ostéotomie Scarf pour la correction de l'HV. Il peut être extrêmement important (2/3 des surfaces)

parce que la poutre latérale (face latérale) est préservée. Pour rendre une translation aisée (**Fig.63**) ; on doit être capable de distraire le trait autant que l'on veut translater, et il ne suffit pas de pousser la tête latéralement mais plutôt à la fois de pousser ce fragment et de tirer en médial le fragment proximal dorsal, c'est le principe de « *pull and push* ». La traction de ce fragment dorsal s'effectue avec une pince de *Backhauss* (38).

Réglage

La translation latérale est réglée sur le sésamoïde médial pour que son bord médial soit à l'aplomb du sillon de la tête de M₁. Le *test de simulation de charge de Kristen* (2) ; permet d'apprécier le bon réalignement de l'hallux. Lorsque on craint une insuffisance de translation (source d'échec avec d'hypocorrection) ; on peut tenter d'augmenter la translation par l'interposition d'un fragment osseux dans la logette céphalique médiale. Si, au contraire, la translation est trop importante (M₁ collé à M₂) sans aucune mobilité latérale, il faut la réduire en élargissant la logette céphalique médiale sur son versant latéral.

Rotation latérale dans un plan transversal

Cette rotation latérale est possible, mais elle doit être évitée car elle augmente l'inclinaison latérale du cartilage (DMAA).

Rotation médiale dans un plan transversal (correction du DMAA)

L'inclinaison latérale du cartilage articulaire de la tête peut être corrigée par la rotation médiale de la tête. Ceci est obtenu en poussant plus latéralement la partie proximale du fragment plantaire. Cette action est la plupart du temps combinée à un déplacement latéral. Dans ce cas, le contact proximal interfragmentaire est quasi nul (**Fig.72C**).

Abaissement et translation latérale (Fig.72D)

L'abaissement du fragment plantaire *dépend de la translation*. Dans les cas où l'abaissement souhaité est insuffisant, il faut donner au trait longitudinal une direction plus plantaire. Ce trait doit donc débiter plus dorsalement sur la surface médiale et se terminer sur la face latérale du métatarsien au même niveau habituel (respect de la poutre latérale pour être stable).

La *stabilisation* d'un Scarf traditionnel s'effectue à l'aide d'un davier. Il ne doit pas être trop serré pour éviter d'induire un effet « tuile » (**Fig.97**).

b. *Ostéosynthèse* :

Classiquement, deux vis d'ostéosynthèse sont conseillées (64). Pour le Scarf autostable la compression des fragments dorsal et plantaire par création de logette céphalique d'enclavement (**Fig.61**) et réalisation de coupes diaphysaires courtes (Scarf court) est faisable sans ostéosynthèse interne à condition de ne pas réaliser des gros déplacements (Hallux valgus léger à modéré).

- Fixation distale

Depuis 1995, Barouk utilise une fixation oblique à travers la tête métatarsienne par une vis (de 3 mm de diamètre) guidée par broche, (19). La vis doit être complètement enfouie dans le fragment dorsal pour éviter les problèmes de conflit avec la chaussure féminine. Une deuxième vis qui sera placée après la distale, vient fixer une rotation médiale pour la correction du DMAA, c'est la vis proximale (**Fig.72**).

- Fixation proximale

Par vis introduite dans une direction oblique, latérale, plantaire et distale pour atteindre la corticale plantaire dans une partie plus solide.

Lorsqu'un Scarf autostable a été réalisé, une *ostéosuture* distale est utilisée pour limiter les risques de désenclavement de la tête de M1. Un tunnel est percé à la mèche de 1,5 mm dans la tête de M1 et permet une suture transosseuse appuyée sur la partie supérieure de M1, soit par une encoche à la scie oscillante, soit par un tunnel réalisé à la broche de 1 mm. Du fil résorbable est utilisé sans tension excessive pour éviter tout cisaillement du spongieux. Dans les cas d'Hallux valgus à fort déplacement l'utilisation d'une plaque console est conseillée.

c. *La release* : est généralement réalisée par voie commissurale ;

d. *Régularisation* : Il est possible d'effectuer une régularisation de la tête de M1 qui doit respecter le sillon médial de la tête. Pour plus de stabilité le fragment osseux réséqué peut être impacté en intramédullaire au contact du fragment proximal inférieur de M1 (**Fig.61**).

e. *Ostéotomie de P1* (identique au procédé décrit dans le Chevron)

f. *Capsulorrhaphie* : (identique au procédé décrit dans le Chevron)

g. *Suites opératoires* : Aussi bien pour le Scarf que le Chevron ; le pansement

peut être laissé en place 8 jours (2), une chaussure postopératoire est conseillée pendant 6 semaines : chaussure à appui talonnier (3 semaines), puis chaussure plate (3 semaines). Pour Barouk LS ; dans ce « Management Postopératoire » (38) ce chaussage thérapeutique postopératoire à décharge métatarsienne est obligatoire, il va permettre la reprise de la marche dès le lendemain de l'opération sans compromettre ses résultats. Un autre système de chaussures postopératoires type II et III (**Fig.93**) permet une reprise de fonction et un retour à une vie sociale précoces. A l'ablation des fils, le kiné doit pratiquer des massages ; lutter contre l'œdème et prévenir le syndrome algodystrophique ; et enseigner au patient les gestes à faire pour son autorééducation.

6.6.5 Conclusion

L'ostéotomie Scarf est une des techniques les plus fiables et des plus puissantes pour la correction de l'Hallux valgus dans les trois plans de l'espace. Elle demande une longue courbe d'apprentissage. Une fois cette technique maîtrisée, ses indications sont larges et uniquement contre-indiquées dans les cas d'Hallux valgus sévères sur premier métatarsien court et étroit. Avec un trait horizontal suffisamment long, la stabilité de l'ostéotomie autorise un appui complet et rapide. Une complication spécifique est notée, c'est l'impaction diaphysaire ou effet « tuile » (**Fig.97**) (28).

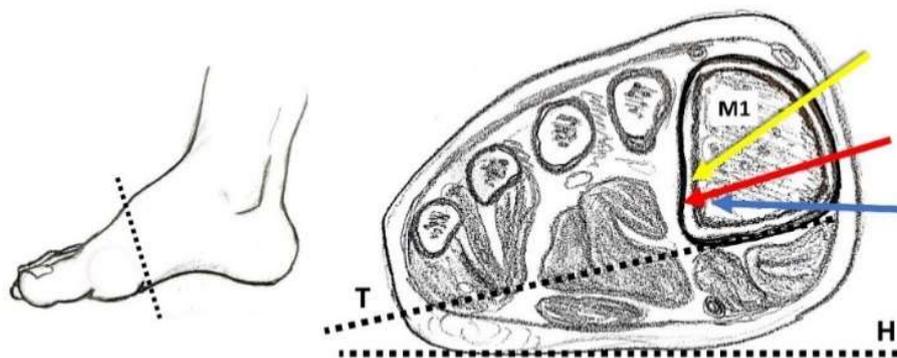


Figure 68. Différente orientation du trait diaphysaire du Scarf : Rouge : normal, parallèle à la surface plantaire oblique de M1 (40°) ; Jaune : pour l'abaissement ; bleu : pour l'élévation. (H : Horizontal - T : Tangente de la surface plantaire M1)

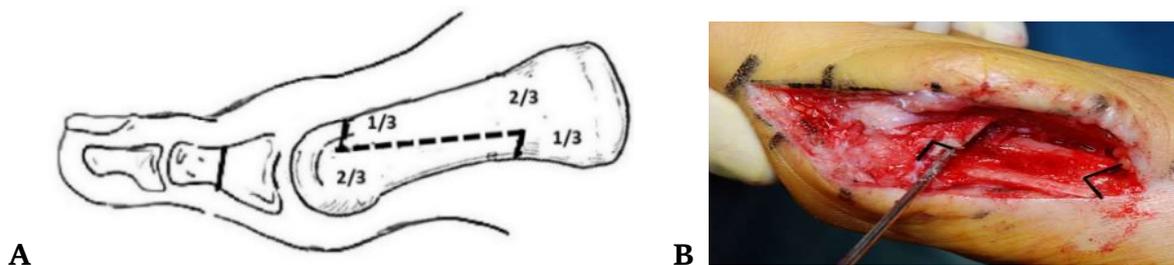


Figure 69. Dessin du trait horizontal de l'ostéotomie Scarf (A), et Queue de pie proximale (B)



Figure 70. Variations du trait transversal distal du Scarf.
A. Trait neutre B. Trait divergent plus distal C. Trait convergent plus proximal.

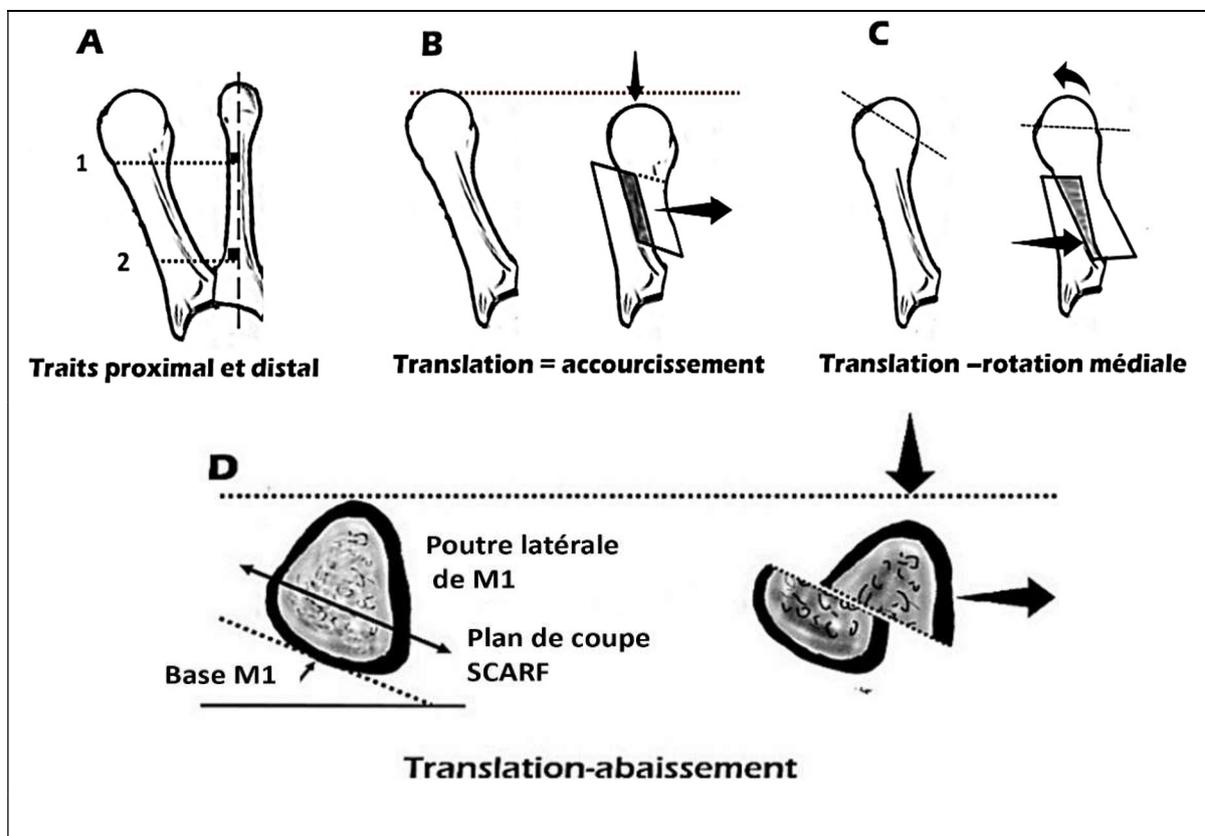


Figure 71 traits du Scarf et les différents déplacements

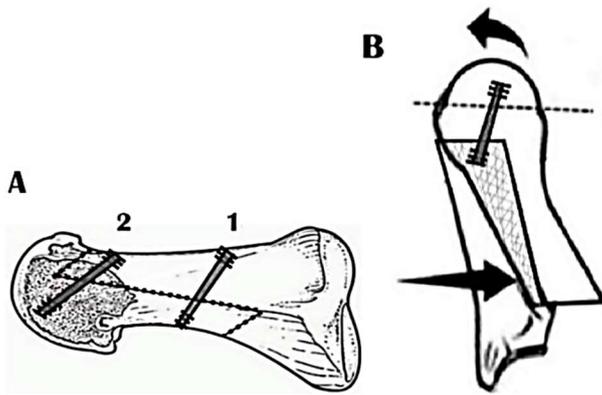


Figure 72.
 (A) ostéotomie Scarf : 02 vis
 (B) la vis distale (2) joue un rôle
 d'axe permettant une rotation du
 fragment plantaire et correction
 du DMMA avant de poser la 2^e vis
 proximale (1)

6.7 Complications de la chirurgie de l'Hallux valgus.

Comme pour toute chirurgie il existe toujours un risque de complications ; et près d'un tiers des patients ne sont pas satisfaits (2). Les complications les plus fréquentes doivent être évoquées et expliquées aux malades pour les impliquer dans le processus thérapeutique. Une chirurgie réussie améliore certes la qualité de vie des patients, mais le meilleur service rendu au patient est tout d'abord de lui éviter les complications dont la prise en charge peut être difficile.

6.7.1 Complications peropératoires

Il peut s'agir de fractures métatarsiennes et phalangiennes peropératoires ; pendant l'ostéosynthèse. Cela nécessite une adaptation de la technique initiale et parfois une décharge plus prolongée. Une lésion artérielle ou nerveuse ou section tendineuse ou ligamentaire sont toujours possibles pendant la release.

6.7.2 Complications post-opératoires communes

L'Œdème postopératoire : avec comme conséquences : nécrose cicatricielle et retard de cicatrisation, infection superficielle ou profonde, et raideur articulaire.

Douleur aiguë : la douleur aiguë est la complication la plus redoutée par les patients : secondaire à une agression tissulaire, compression par le pansement, ou une lésion nerveuse (28). Une prise en charge rigoureuse de la douleur permet la réalisation de cette chirurgie en ambulatoire (102).

Thrombose veineuse profonde : le risque de phlébite reste faible dans la littérature (2) (12) (103). La plupart des thrombus identifiés après une chirurgie du pied chez les patients avec facteurs de risque thromboembolique élevé sont

asymptomatiques. Cependant un traitement thromboprophylactique pour 10 jours est nécessaire s'il existe des antécédents thromboemboliques.

Allergie et intolérance biologique au matériel d'ostéosynthèse : Il peut s'agir des produits de désinfection, des matériaux implantés. Elle se traduit par des démangeaisons et/ou des lésions cutanées (parfois un retard de cicatrisation).

Infection superficielle ou profonde : l'infection superficielle ou profonde doit être reconnue rapidement pour éviter une ostéite ou une arthrite dont le traitement est long et parfois difficile. Toute douleur lancinante doit entraîner une consultation en urgence avec exploration des plaies, des prélèvements bactériologiques profonds rigoureux, et un bilan biologique inflammatoire. Le recours au service d'infectiologie est justifié, en cas de difficultés thérapeutiques. L'antibioprophylaxie est recommandée en cas d'ostéosynthèse (124).

L'ostéonécrose : complication grave, l'ostéonécrose de la tête du 1^{er} métatarsien est généralement en rapport avec un acte invasif délabrant pour l'apport vasculaire osseux. Parfois la *chondrolyse* peut survenir sur un cartilage remis en charge alors que l'os sous-chondral reste fragilisé par un œdème *intraosseux*, et des fois dans un *contexte septique* qu'il faut savoir dépister (30) .

Fracture ou déplacement secondaire : en général sur un os porotique et/ou s'il existe une fragilisation par un vissage multiple surtout en zone diaphysaire (66).

Pseudarthrose : elle est rare et s'exprime par des douleurs et instabilité à l'appui de l'hallux. Les causes sont multiples : vasculaire, septique ou un défaut technique.

Déformations secondaires

Apparaissent progressivement malgré que le contrôle radiologique peropératoire fût correct. Elle peut se faire dans le plan horizontal : *récidive d'HV*, ou au contraire *hallux varus*. Elle peut se faire aussi dans le plan sagittal avec un *metatarsus elevatus*, ou au contraire un *excès de pente métatarsienne* (surtout après ostéotomies basales). La surcharge secondaire de l'avant-pied entraîne par conséquent un *hallux rigidus iatrogène*.

a. *Récidive de l'Hallux valgus* : Groulier. (2) définit la récidive comme un

angle HVA supérieur à 20° et IMA supérieur à 15°. De fréquence variable ; le principal facteur de perte de réduction secondaire est le défaut de reposition de la tête M1 sur le socle sésamoïdien (89). En effet lorsque la position postopératoire du sésamoïde médial est de grade 4 ou plus avec débord de la moitié du sésamoïde médial sur l'axe métatarsien, le taux de récurrence est énorme. La prévention réside dans une bonne indication, la maîtrise de la technique chirurgicale, et une bonne gestion postopératoire.

Différentes causes peuvent être identifiées :

- *Techniques insuffisantes* : Ne permettant pas le recentrage des sésamoïdes.
- *Défauts techniques* : se situent à plusieurs niveaux :
 - La libération insuffisante* du sésamoïde latéral, entraînant un défaut de relaxation des muscles sésamoïdiens et la persistance d'une pronation de l'hallux.
 - Une ostéotomie de M1 non adaptée* à la déformation : une translation insuffisante, un DMAA insuffisamment réduit, un excès de longueur de M1 (38).
 - La rétention capsulaire insuffisante avec surtout une détente excessive de l'ABDH dans les grands accourcissements. La rétraction ou la désaxation de l'EHL par la correction de l'HV entraîne un défaut d'appui au sol pouvant conduire à la récurrence ou à une déformation en flexion de l'interphalangienne (Cock-up deformity) (**Figure 52**).
 - L'ostéotomie d'Akin non réalisée ou incorrecte* ; notamment pour les pieds égyptiens. Cependant elle ne rattrape jamais un défaut de correction de la tête de M1. La rotation de l'hallux doit être corrigée de manière à ce que P2 soit parallèle au sol lors de la flexion plantaire.
 - Défauts de fixation* : un défaut de compression dans l'ostéotomie, un os trop porotique, une ostéosynthèse absente, non adaptée ou mal positionnée peuvent compromettre la qualité de la stabilisation de l'ostéotomie.
- *Négligence des pathologies régionales* du pied et du membre inférieur : *Le pied plat valgus, les coalitions tarsiennes* souvent en valgus fixé ; *l'hypermobilité du premier rayon* ; et *la rétraction des gastrocnémiens* qui occasionnent une surcharge de l'avant-pied ; et favorisent la récurrence. Tous ces facteurs doivent être systématiquement recherchés et traités. Au niveau du genou, le syndrome fémoropatellaire ou la gonarthrose peuvent amener à un positionnement anormal du

ped lors de la marche, favorisant la récurrence de l'HV. Les problèmes rotationnels comme dans *la scoliose* ou *l'insuffisance de rotation externe* obligent le pied à valguiser pour passer le pas.

- *Le terrain* : Le traitement conservateur sur *le terrain neurologique* conduit à la récurrence quasi inéluctable par le déséquilibre musculaire et la désaxation du membre inférieur (infirmes moteurs cérébraux, Parkinson, hémiparésie...).

b. *l'Hallux varus*

Le taux d'*Hallux varus* iatrogène est de (90) (**Figure 96A**). Cette complication est devenue moins fréquente depuis les ostéotomies contrôlées qu'à l'époque de la chirurgie des parties molles (MacBride). Dans cette déformation, l'orteil part en dedans, avec une rétraction progressive de l'ABDH et une distension du ligament collatéral latéral de la MTP1. Il existe parfois une rétraction associée de l'EHL. Le sésamoïde médial peut être douloureux s'il s'appuie sur le bord médial de la tête M1. Les causes de l'hallux varus peuvent être une exostosectomie trop généreuse et déstabilisatrice ; une translation latérale excessive de la tête M1 qui réduit l'angle intermétatarsien et conduit ainsi à un déplacement médial de l'hallux ; un excès de tension de la capsule médiale lors de la capsulorrhaphie ; La section du LCL de la MTP1 et l'ablation du sésamoïde latéral ; un excès de varisation de P1 (Akin) ; un excès de rotation de la tête de M1 (DMAA trop corrigé). Mais souvent *l'Hallux varus* est bien toléré ; et quand la gêne existe, la chirurgie des parties molles est privilégiée si l'articulation MTP1 est toujours souple et la déformation est réductible (réparation du LCL, transfert tendineux ou ligamentaire). Lorsque l'angle IMA est trop fermé la chirurgie osseuse est préférée ; qu'elle soit conservatrice (ostéotomie en Scarf ou en Chevron inversé) ou radicale (arthrodèse MTP1 qui reste une procédure fiable et largement utilisée).

c. *Metatarsus elevatus*

C'est l'élévation excessive de M1, avec comme conséquence principale une *métatarsalgie de transfert* mais aussi une gêne sur la tête saillante de M1 ou « dorsal bunion ».

Elle peut être primitive ou consécutive à une fixation insuffisante ou une ostéotomie instable ; à l'effet « tuile » reproché au Scarf chez la personne âgée ; à la

translation sans abaissement de la tête métatarsienne ; à une fracture secondaire (la fracture proximale dans le Scarf) ; à une bascule dorsale de la tête de M1 après un Chevron ou un Scarf mal fixé et une mise en charge du pied trop précoce. La prévention passe par l'abaissement de la tête de M1 par l'obliquité du trait horizontal (**Fig.72**) parfois complété par une ostéotomie de soustraction de M1 ou de C1.

d. Excès de pente métatarsienne

Le plus souvent liée à un abaissement excessif de la tête de M1, et se traduit souvent par un pied creux interne avec métatarsalgie médiale sous M1 et les sésamoïdes. Son traitement est l'ostéotomie de relèvement basale type BRT (**Barouk-Rippstein-Toullec**) (38) ou un Chevron désépaississant par une recoupe du trait horizontal.

La dégradation articulaire

La détérioration de l'état articulaire peut survenir après la chirurgie d'HV du fait de l'augmentation de la pression articulaire par allongement de M1 ou incongruence articulaire par défaut de correction du DMAA. Elle peut survenir aussi par nécrose ostéochondrale secondaire à une lésion vasculaire ou parfois à une arthrite septique. Le bilan radiographique montre le pincement articulaire et la déminéralisation de la tête de M1. *L'ostéolyse* autour de la vis et l'encoche articulaire en regard de la tête de vis doivent conduire à son ablation avec prélèvements bactériologiques. *L'ostéophytose* dorsale ou plus rarement plantaire (hallux rigidus secondaire, cal hypertrophique), donnent un conflit avec les sésamoïdes. *La cicatrice hypertrophique ou adhérente* limite aussi le mouvement articulaire et nécessite un traitement dermatologique spécifique.

Douleurs séquellaires chroniques

Il peut s'agir d'*algodystrophie* ou syndrome de douleur régionale complexe (SDRC) type I reste au premier plan (**Figure 98**), certaines patientes présentant un terrain psychologique prédisposant. La prévention passe par la vitaminothérapie (vitamine C) et surtout par l'éviction de la chirurgie dans les contextes à risque qu'il faut savoir dépister lors de l'anamnèse. Parfois il s'agit d'*hyperpathie par irritation des nerfs* sensitifs collatéraux avec des douleurs cicatricielles

irradiant vers la distalité du bord de l'hallux. *Les lésions cartilagineuses* métatarso-sésamoïdiennes peuvent être en cause lors de leur remise en charge. Un sésamoïde médial pointu réaxé peut entraîner une métatarsalgie antéromédiale très gênante. On peut être conduit à enlever le matériel d'ostéosynthèse pour une *douleur inexpliquée*.

Pied inesthétique

La chirurgie de l'HV ne doit pas être considérée comme une chirurgie esthétique. Certains pieds prennent une forme harmonieuse après la chirurgie, alors que d'autres malgré le respect des canons de normalité restent larges, avec parfois un hallux ou un ongle déformé.

6.7.3 *Conclusion*

La chirurgie de l'HV connaît 10 % de complications (2). L'analyse des facteurs de risque et du profil psychologique des patients, et la maîtrise des techniques chirurgicales sont primordial pour les éviter. La gestion des complications nécessite une chirurgie spécialisée ; l'arthrodèse MTP1 reste le *Gold standard* dans les complications extrêmes.

6.7.4 *Complications spécifiques au Scarf*

- *Fractures sur Scarf* : représentent selon Barouk 1% à 6 % (36) ; ces fractures ont trois causes principales : traits d'ostéotomie mal faits ; vis proximale placée trop en latéral sur le fragment dorsal, (fragilisation de la poutre latérale restante) ; et enfin un trait longitudinal trop court ou « Scarf courts », qui fragilise aussi le fragment dorsal.

- *L'effet « tuile » (Troughing) Ou impaction diaphysaire (Fig.97)* est une des complications reprochées à l'ostéotomie Scarf ; il est secondaire en général à un trait d'ostéotomie diaphysaire court qui ne permet pas d'avoir deux solides surfaces de contact au niveau de l'os spongieux métaphysaire distale et proximale du 1^{er} métatarsien. Se rencontre beaucoup plus chez les sujets âgés, des fois suite à une erreur techniques (38).
- *Les déplacements secondaires* ; incluent les fractures de la base de M1 dues soit à un os ostéoporotique, soit à une contre-coupe proximale ayant entamé le fragment dorsal, soit à une incongruence proximale des deux fragments après translation.

- *L'ostéonécrose céphalique* est exceptionnelle dans la technique Scarf quand les coupes passent à distance des vaisseaux cervico-céphaliques (133).

6.7.5 *Complications spécifiques à l'ostéotomie en Chevron*

Les complications dans l'ostéotomie en Chevron sont dominées par le risque d'*ostéonécrose* et par les risques relatifs à l'*instabilité* de l'ostéotomie.

- *Ostéonécrose de la tête de M1* : Le risque d'atteinte du paquet vasculaire à destiné céphalique dans l'ostéotomie en Chevron responsable d'ostéonécrose de la tête de M1 est grand (**Fig.74**) par rapport à l'ostéotomie Scarf (121) (134). Prédominant du côté plantaire où se situe un plexus anastomotique qui assure la vascularisation de plus de la moitié plantaire de la tête métatarsienne. Ce risque est évité par une ostéotomie à long trait plantaire. Le risque vasculaire existe aussi au niveau du plexus vasculaire dorsolatéral. La voie d'abord distale et les gestes de release sont aussi incriminés s'ils sont mal conduits. En effet la capsulotomie médiale induit une réduction du flux artériel de 45 %, et le release latérale une perte de 13 % (2). Cette agression vasculaire est donc significative dans la chirurgie distale de l'HV, mais heureusement avec un risque faible d'expression clinique d'ostéonécrose (98).

- *Instabilité de l'ostéotomie* : Le degré de translation osseuse et l'arthrolyse associée sont les principaux facteurs d'instabilité de l'ostéotomie en Chevron. En effet le risque d'une bascule latérale est accentué par le degré de translation osseuse et celui d'une bascule médiale est accentué à l'arthrolyse latérale (2). Cette bascule est souvent secondaire à un choc sur le pied opéré ou à un appui intempestif. Il peut s'agir d'une rotation médiale, plus rarement latérale (**Fig.73A-B**) du fragment céphalique qui ne nécessite le plus souvent aucune reprise chirurgicale, sauf dans les déplacements importants. La bascule dorsale (**Fig.73C**) doit être réopérée rapidement sous peine de métatarsalgies précoces. Le taux de récurrence dans des HV légers à modérés, avec et sans arthrolyse, met en cause l'instabilité de l'ostéotomie qui peut gagner nettement en stabilité par l'ostéosynthèse et l'extension de son trait dorsal ou plantaire.



Figure 73. Cals vicieux en rotation latérale : **A** ; en rotation médiale : **B** ; et bascule dorsale : **C** (source : Piclet-Legré B, Graff W. *Hallux valgus: Mises au point de l'AFCP*. Elsevier Health Sciences; 2017)

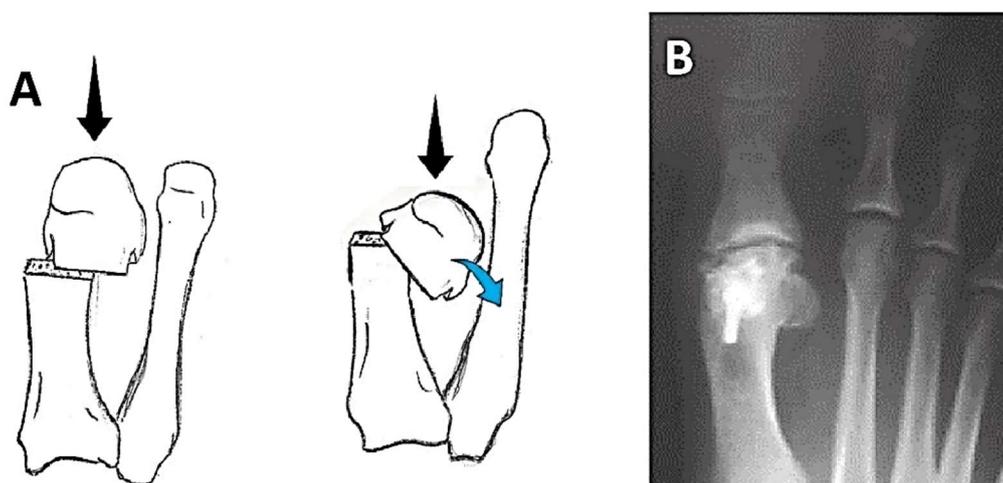


Figure 74. **A** : Instabilité de l'ostéotomie en Chevron et risque d'une bascule latérale. **B** : Ostéonécrose avasculaire de la tête de M1 (31)

6.8 Rééducation après chirurgie de l'Hallux valgus

La diversité des techniques chirurgicales utilisées et l'existence ou non de gestes complémentaires sur les rayons latéraux voire sur l'arrière pied et sur les parties molles de la jambe (correction des gastro courts) ; ainsi que l'existence de variations individuelles, oblige le kinésithérapeute à proposer un programme de rééducation avec des objectifs et des modalités d'application adaptés à chaque patient. Celui-ci doit être informé et impliqué dans le processus de guérison ; avec explication sur le geste chirurgical, du programme de rééducation et un rappel des consignes dès le retour à domicile (cryothérapie, drainage postural, repos pendant les premières semaines) (136). La rééducation conçue suite aux ostéotomies du 1^{er} métatarsien (Scarf, Chevron distal et variantes) associées ou non à une ostéotomie P1 est menée comme suit :

6.8.1 En période postopératoire immédiate (48 à 72 heures)

L'objectif principal ici est de lutter contre la douleur post-opératoire ; éviter les troubles trophiques (œdème, hématome...) ; et faciliter la reprise de la marche.

- *Le drainage postural* (pieds surélevés par rapport au niveau des genoux).
- *La cryothérapie* (vessie de glace) est appliquée quatre à cinq fois par 24 h pendant 15 à 20 minutes ; elle permet un ralentissement de la conduction nerveuse et du métabolisme cellulaire provoquant une diminution du phénomène inflammatoire et raccourcissement du temps de cicatrisation (2).
- *La verticalisation du patient*, après disparition de l'anesthésie locorégionale (24-48h) elle débute sur des *chaussures postopératoires* à appui talonnier (chaussure de Barouk ou chaussure pour pied diabétique avec décharge d'avant-pied), préalablement essayée en période préopératoire afin de s'habituer au nouvel équilibre. Ces chaussures évitent l'alitement prolongé et ses complications, et l'étirement des gastrocnémiens.

6.8.2 En période de décharge de l'avant-pied (trois à six semaines)

Il s'agit d'une période délicate, marquée par le compromis entre la mobilisation précoce et la nécessité de consolidation et de cicatrisation. Ainsi au niveau de l'avant-pied, le défaut d'appui antérieur avec marche d'évitement en supination, entraînant des adhérences dorsales et des troubles de la propulsion.

- *Mobilisation passive du premier rayon* : la décharge de l'avant pied et le port de chaussures à coque talonnière en cette période inhibent la mobilité de la MTP1. La rééducation a pour objectif ici de récupérer cette mobilité par des exercices en flexion dorsale et plantaire. En pratique, une main forme une pince de maintien pour M1 afin d'immobiliser le foyer d'ostéotomie ; l'autre main mobilise P1 de façon indolore en insistant sur la fin de course en flexion dorsale et en flexion plantaire. Une mobilisation des articulations voisines du site opéré est également conseillée.

- *Mobilisation active du premier rayon (Figure 95)* : elle cible la flexion plantaire active du 1^{er} rayon, nécessaire à la propulsion, avec :

- Travail de mobilisation active d'amplitude maximale sans résistance ;
- Travail des longs et courts fléchisseurs plantaires contre résistance. C'est une contraction isométrique qui se déroule patient assis, pied posé au sol (cheville à 90°). Un élastique de rééducation (remplacé au domicile par un tissu élastique type collant de laine) est placé sous la 1^{re} phalange (les extrémités de l'élastique sont maintenues dans les mains du patient) ; le patient apporte l'orteil au sol et, une fois qu'il y est, met une résistance dans l'élastique.

- *Autorééducation par le patient* : point clé de la rééducation de l'avant-pied, permettant la continuité du travail et rendant le patient acteur de sa guérison. Le patient aura un travail quotidien de dix minutes dès la première consultation postopératoire et ce, pendant les deux premiers mois (mobilisation articulaire et travail actif, suivis de consignes de drainage postural et de cryothérapie).

6.8.3 En Période de remise en charge (04-06 semaines postopératoire)

Le déroulé du pas et l'appui propulsif peuvent être repris durant cette période. L'œdème et la douleur ont tendance à se majorer ici obligeant un rythme de deux à trois séances par semaine et en insistant toujours sur l'autorééducation quotidienne du patient à domicile.

- *Correction de la marche* : à la reprise de l'appui, le patient tend à escamoter le 4^e pivot en maintenant l'avant-pied en supination (34). Dans un premier temps, il faut lui faire prendre conscience de ce mouvement de prosupination de l'avant-pied en charge (appui alterné bord médial-bord latéral du pied), ainsi que la sortie du pas sur le 1^{er} rayon (travail assis en simulant la fin d'un pas).

Cette reprise de la marche peut aussi se faire en piscine permettant une limitation de l'œdème et de la douleur. La marche sur pointe de pieds ne se fait pas avant le 2^e mois et la reprise de la course ou d'un sport de sauts au 3^e mois.

- *Programmation sensori-motrice* : grâce à la coordination entre ses structures ; le pied allie force à l'adaptation de sa forme sur de très courte période, et ceci en alternant verrouillage (pour rigidifier et limiter les commandes) et relâchement (pour adapter et construire un mouvement). Un travail de cette coordination se fait sur poutre en mousse, sur coussins, ou sur plateau de Freeman. Ceci en respectant des règles de base de non-douleur, et de travail en légère flexion de hanche et genou.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

7.1 Matériel :

7.1.1 Introduction

Cette étude est justifiée devant le nombre considérable de cas d'Hallux valgus rencontrés en consultation externe de chirurgie orthopédique de notre hôpital et par le fait que plus de 130 opérations ont été décrites pour le traitement de cette déformation (62) (108). Ce nombre considérable de techniques reflète la diversité des facteurs pathogéniques de cette déformation et signifie que le traitement chirurgical doit être adapté en fonction des besoins et des particularités anatomiques de chaque patient. En gardant à l'esprit que le but de la correction n'est pas seulement esthétique, mais surtout obtenir un pied fonctionnel et indolore. Les ostéotomies de correction du premier métatarsien visant à réduire l'augmentation exagérée des angles intermétatarsien et du valgus phalangien ont été utilisées avec beaucoup de succès pour corriger cette déformation. L'ostéotomie Scarf est une chirurgie dont la fiabilité est bien établie (105) (109) quel que soit la sévérité (64). L'ostéotomie en Chevron est une autre procédure plutôt simple. Elle a été nettement améliorée par la variation du dessin des traits de coupe osseuse (en L inversé ou long trait plantaire) et les moyens d'ostéosynthèse(110)(106). Une comparaison entre ces deux techniques qui restent parmi les méthodes les plus utilisées dans la correction de l'Hallux valgus et qui a suscité l'intérêt de nombreux chirurgiens (111) (110) (112) nous paraît nécessaire pour une prise en charge adéquate et efficace de nos patient.

7.1.2 Objectifs :

Les objectifs de notre étude prospective comparative sont :

✓ *Objectifs principaux :*

1. Exposer le résultat global de la série;
2. Comparer les résultats cliniques et radiologiques de chacune des deux techniques chirurgicales utilisées dans la correction de l'Hallux valgus commun en ce qui concerne *le pouvoir de correction angulaire* : amélioration des angles d'Hallux valgus (HVA), du metatarsus varus (IMA) et de l'angle

d'orientation de la surface articulaire distale du premier métatarsien (DMAA-DM₂AA) et *le degré de satisfaction des patients* : évalué par les échelles de cotation fonctionnelles AOFAS et ACFAS;

3. Identifier les particularités de chaque technique d'ostéotomie et analyser les difficultés et les complications survenues et comprendre nos échecs (excès ou défaut de correction , récurrence...) afin d'établir un algorithme décisionnel dans la prise en charge de l'Hallux valgus.

✓ *Objectifs secondaires* :

1. Établir le profil épidémiologique des malades opérés (*le type morphologique des pieds, et d'Hallux Valgus propres à notre échantillon de société*);
2. Améliorer la prise en charge des militaire actifs qui reste la population majoritaire de notre population d'étude, par la sensibilisation envers cette déformation et sa prise en charge précoce.

7.1.3 Critères d'inclusion

Il s'agit d'un essai prospectif randomisé et contrôlé, conçu pour comparer deux techniques dans le traitement de l'Hallux valgus ; l'ostéotomie en Chevron et l'ostéotomie Scarf. L'étude a été monocentrique menée dans notre institution (Hôpital militaire régional universitaire de Constantine - service de chirurgie orthopédique et traumatologie) de décembre 2016 à janvier 2021 (50 mois), après l'obtention de l'approbation du comité scientifique.

Nous avons inclus 55 patients (62 pieds) (**Graphique 6**) recrutés à la consultation externe après bilan clinique (critères d'inclusion) et radiographique (mesures angulaires sur des clichés en charge du pied malade de face et de profil ainsi que sur l'incidence axiale de Walter-Müller-Guntz) et randomisés en deux groupes : *groupe Chevron* et *groupe Scarf*, **par tirage au sort à l'insu du patient et du chirurgien opérateur**. En effet deux enveloppes contenant chacune une trentaine de billets d'hospitalisation repartis aux hasard ont été préparées ; une

dédiée à la technique Scarf et l'autre au Chevron , et la veille de l'opération chirurgicale le billet du patient X est retiré après recherche dans telle ou telle enveloppe.

Ils s'agissaient de façon globale :

- D'un Hallux valgus léger (04 pieds)
- D'un Hallux valgus modéré (48 pieds)
- D'un Hallux valgus sévère (10 pieds)

Cette déformation était douloureuse ; gênant le chaussage et perturbant la fonction du pied, avec répercussion sur la vie courante , et impact sur le rendement surtout chez les militaires actifs.

Les critères de non inclusion à notre étude étaient les suivants :

- Patients âgés de moins de 18 ans
- Chirurgie antérieure du premier métatarsien
- Hallux-valgus avec un pied tonique où existe une simple saillie de la tête de M1, alors que les mesures angulaires son normales
- Hallux-Valgus majeur du sujet âgé (HV avancé avec déformation des autres rayons)
- Hallux valgus interphalangien (**Figure 53**).
- Arthrose de la première articulation métatarsophalangienne ou de la première cunéométatarsienne,
- Patient aux antécédents médicaux pouvant interférer avec l'indication chirurgicale et la consolidation ou pouvant augmenter le risque de complications postopératoires d'ordre rhumatologiques (polyarthrite rhumatoïde), neurologiques (pied paralytique), métaboliques et vasculaires(pieds diabétiques), ou dermatologiques, ainsi que les patient à risque anesthésiologique.
- Et enfin nous avons exclu les patients dont le suivi a été perdu (07 dossiers).

Dans notre série tous les patients ont bénéficié

- d'une libération du nœud fibreux latérale ou *release latérale* (**57 cas** par voie classique commissurale et **05 cas** par voie médiale transarticulaire)(**Figure 80**)
- d'une Bunionectomie (exostosectomie),
- d'une ostéotomie du premier métatarsien (31 ostéotomies Scarf fixées par deux vis et 31 ostéotomies en Chevron fixées par une seule vis),
- d'une ostéotomie de la première phalange de l'hallux type *Akin* (*Ostéotomie basale de varisation et dérotation* dans **58 cas**, et *ostéotomie diaphysaire d'accourcissement* dans **04 cas**)
- et d'une capsuloplastie médiale en paletot.

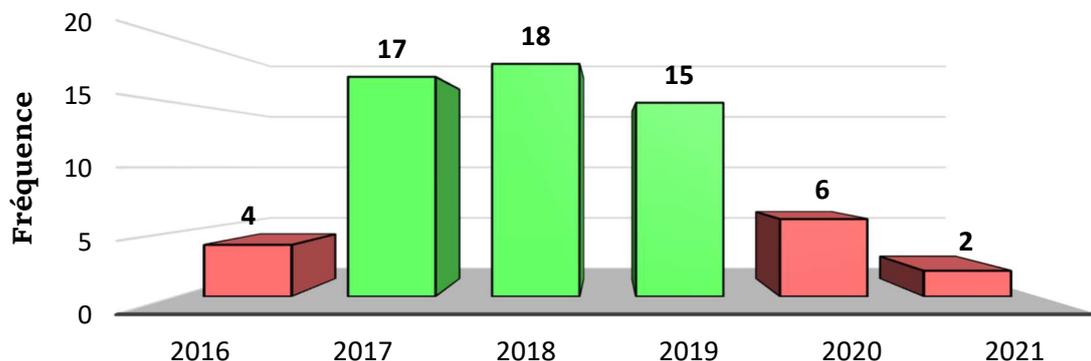
7.1.4 **Présentation des patients**

Sur les 62 pieds opérés de décembre 2016 à janvier 2021 (50 mois), nous dénombrons (**Graphique 5**):

- 31 ostéotomies Scarf : ***groupe Scarf***
- 31 ostéotomies en Chevron : ***groupe Chevron***

Avec une moyenne de ≈ 13 ostéotomies par an, et un taux de recrutement maximal entre la deuxième année (20 ostéotomies en 2017= 12 mois) et la troisième année (19 ostéotomies en 2018 et 15 ostéotomies en 2019), puis une chute brutale du taux de recrutement à partir de l'année 2020 (6 interventions en 2020 et seulement 2 en 2021) suite à la situation pandémique Covid19 et la restriction des hospitalisations qui s'en ai suivie (**Graphique 1**).

Nombre de recrutement de malades pour an



Graphique 1: Répartition selon le nombre d'ostéotomies pratiquées par an.

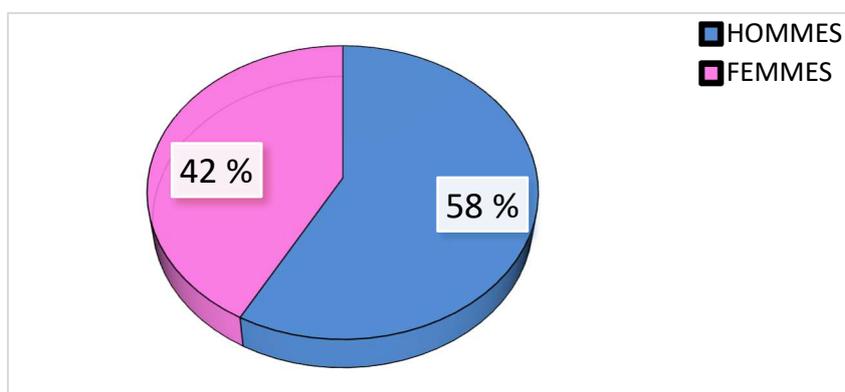
▪ Répartition selon le genre

Sur les 62 patients opérés, nous avons remarqué une nette prédominance masculine avec 36 Hommes et 26 Femmes : et un sex-ratio H/F de 1,4 (**Graphique 2**) (**Graphique 3**).

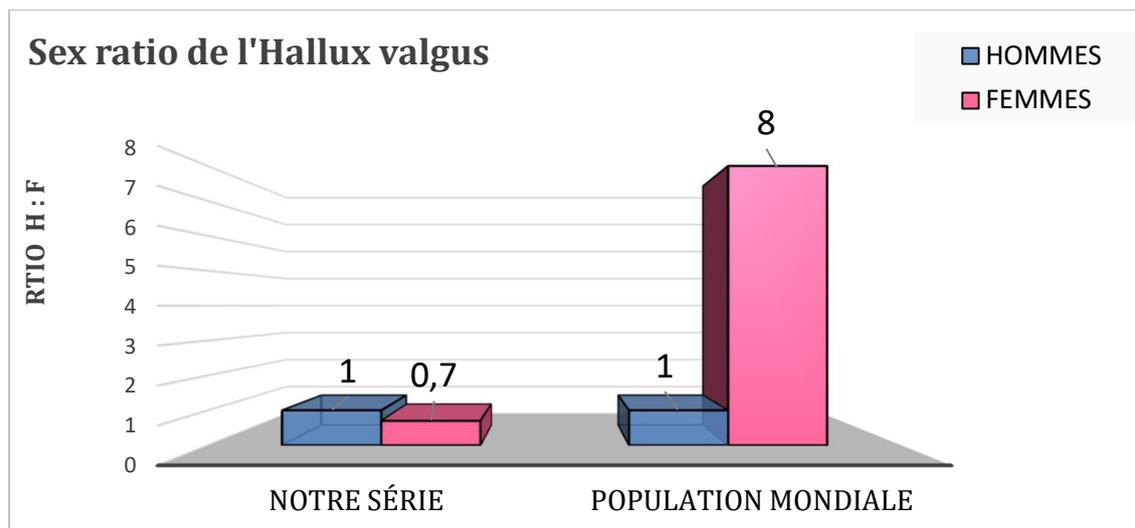
L'analyse de la répartition de la population en fonction de l'âge pour chaque Genre montre qu'au moment de l'intervention :

L'âge moyen chez les Femmes était de 43.1 ans \pm 13.5.

L'âge moyen chez les Hommes était de 32,5 ans \pm 9,4 (**Graphique 4**).



Graphique 2. Répartition de l'Hallux valgus selon le genre

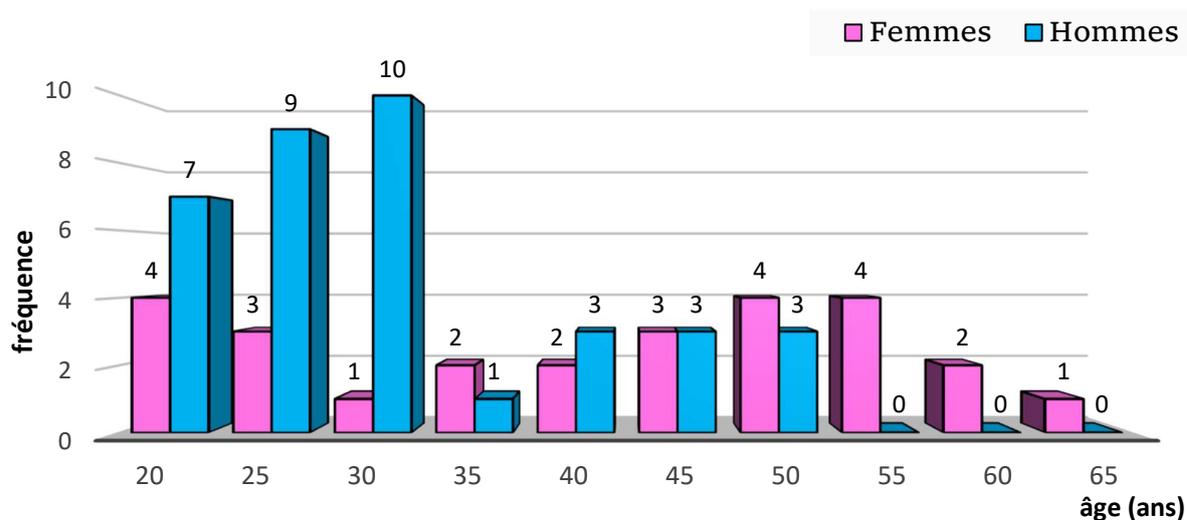


Graphique 3 : représentation du Sex-ratio de l'Hallux valgus dans notre séries et la population mondiale

▪ Répartition selon l'âge

L'âge moyen des opérés était de 36,9 ans \pm 12,4, s'échelonnant entre 18 et 65 ans avec deux pics de fréquence (**Tableau 3**) et (**Graphique 4**). Le premier entre 25-30 ans, le deuxième entre 50-55 ans. Le premier pic représente une population masculine, le deuxième la population féminine.

Après 50 ans il s'agit donc de population de sexe féminin dans la majorité des cas.



Graphique 4. Répartition des cas selon l'âge et le genre

Tableau 3. *Étude statistique (spss) de l'âge des patients de toute la population*

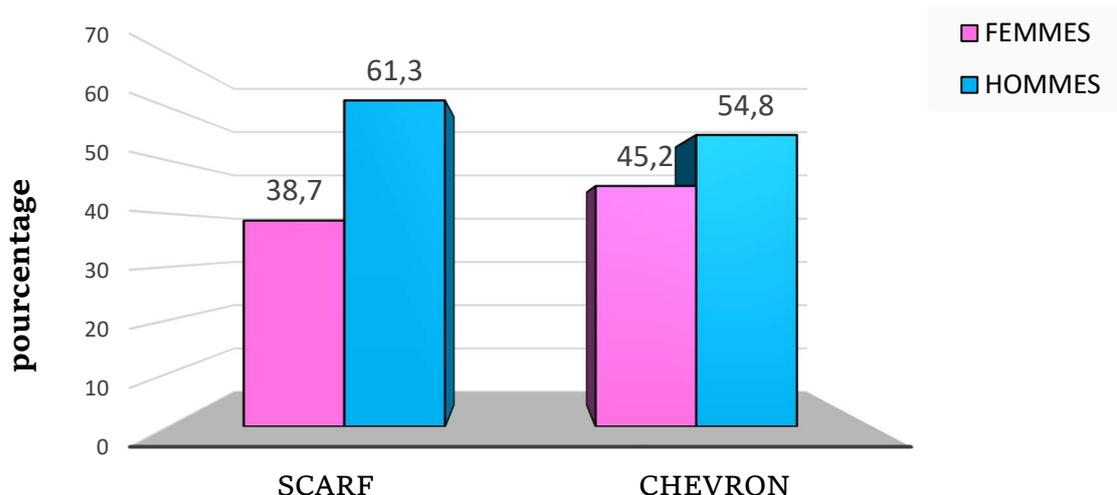
AGE		
N	Valide	62
	Manquant	0
Moyenne		36,92
Écart type		12,393
Minimum		18
Maximum		65

▪ Répartition selon la technique opératoire

Nous avons inclus 55 patients consécutifs (dont 07 patients opérés des deux pieds) atteints d'Hallux valgus et correspondant à 62 pieds qui ont été randomisés en 02 groupes d'études :

- Groupe Scarf : avec 31 ostéotomies Scarf (19 Hommes et 12 Femmes)
- Groupe Chevron : avec 31 ostéotomies en Chevron (17 Hommes et 14 Femmes) (**Graphique 5**).

L'attribution dans un groupe s'est faite de façon aléatoire par tirage au sort, et la répartition des groupes est faite à l'insu des participants, pour garantir la valeur scientifique de l'étude et éviter les biais par interférence de facteurs autres que le critères d'inclusion.



Graphique 5. Répartition par genre selon la technique opératoire utilisé.

▪ Répartition selon le degré de sévérité

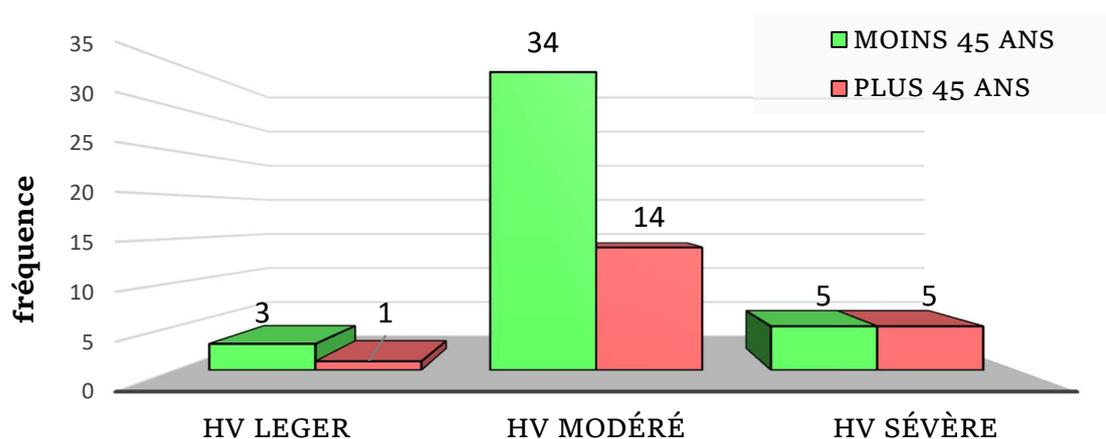
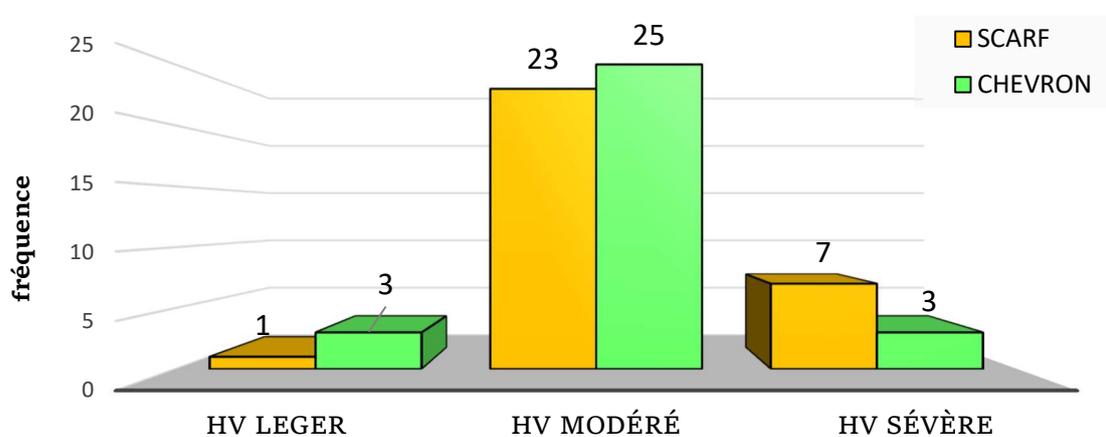
L'analyse du degrés de sévérité de l'Hallux valgus de la série selon la classification de Coughlin (50)(114) (**Tableau 2**), a révélé que :

- $\frac{3}{4}$ des Hallux valgus recrutés étaient modérés (77.4%)
- 16.1 % étaient sévères : cela représente $\frac{1}{4}$ de la population de plus de 45 ans (05 cas) et seulement $\frac{1}{10^e}$ de la population jeune.
- Par contre ils n'existaient que 04 cas d'Hallux valgus léger parmi notre population au moment du recrutement.

Avec une répartition presque homogène des degrés de sévérité par chaque par groupe. Par exemple on compte 25 Hallux valgus modérés pour le groupe Chevron, contre 23 pour le groupe Scarf et pas plus de 07 cas d'Hallux valgus sévères pour les deux groupes. Le (**Graphique 6**) et (**Graphique 7**) résument le spectre des cas en fonction de la sévérité.

Tableau 2. Critères de Classification de l'Hallux valgus selon Coughlin et de Robinson (2) (9)

Hallux valgus	Coughlin	Robinson
Léger	HVA $>30^{\circ}$; IMA $<13^{\circ}$	IMA $<14^{\circ}$
Modéré	HVA $<40^{\circ}$; IMA $>13^{\circ}$	$14^{\circ} >$ IMA $>20^{\circ}$
Sévère	HVA $>40^{\circ}$; IMA $>20^{\circ}$	IMA $>20^{\circ}$

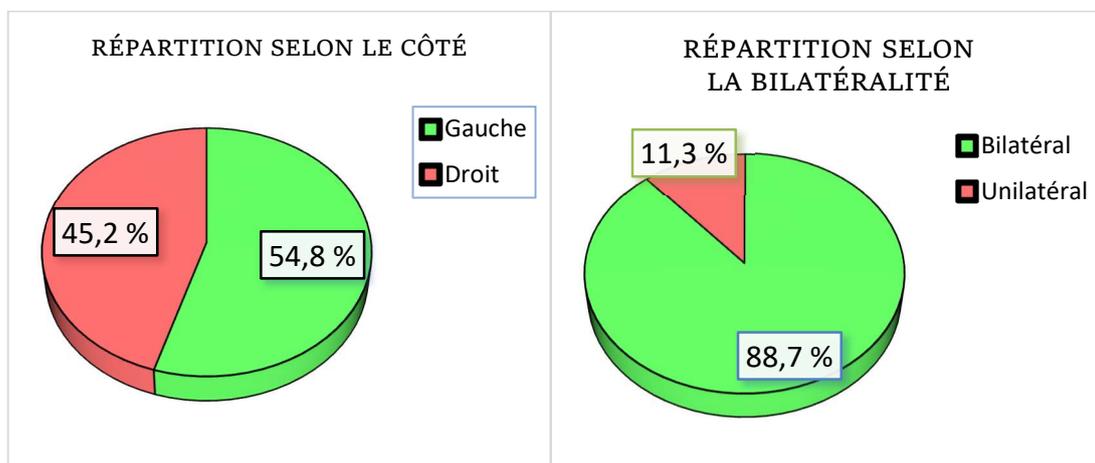
**Graphique 6. Répartition selon le degré de sévérité et l'âge.****Graphique 7 : Répartition selon le degré de sévérité pour chaque groupe.**

▪ Répartition selon le côté

Dans notre série l'analyse des résultats montre que l'atteinte bilatérale était dans 88.7 % des cas (55 pieds) correspondant à 45 malades, dont 07 malades ont été opérés des deux côtés (14 pieds). L'atteinte Unilatérale représentait 11.3 % (7 pieds) (Tableau 4).

Nos patients souffraient du pied gauche plus que le pied droit dans l'ensemble de la série (**Graphique 8**) avec :

- Hallux valgus opéré du côté gauche dans 54.8 % des cas (34 pieds)
- Hallux valgus opéré du côté droit dans 45.2 % des cas (28 pieds)
-



Graphique 8. Répartition selon le côté opéré

Tableau 4. Répartition selon la bilatéralité de l'Hallux valgus

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Bilatéral	55	88,7	88,7	88,7
	Unilatéral	7	11,3	11,3	100,0
	Total	62	100,0	100,0	

▪ Répartition selon le niveau d'activité

Sur l'échelle de l'activité physique (*Physical Activity Level* : PAL) (**Tableau 5**) et l'indice podométrique de sédentarité (**Tableau 6**) ; la plupart de nos patients (77.4 %) (**Graphique 9**) étaient des *Sujets Actifs* qui exerçaient un travail plus

ou moins dur (militaires en majorité) et pratiquaient régulièrement une activité sportive. Ils sont cotés de 1.3 à 1.8 selon l'échelle PAL (actifs à très actifs).

En ce qui concerne les femmes actives (13 cas) : 05 patientes exerçaient une profession d'enseignement scolaire, 03 étaient des militaires de carrière, 03 médecins, 02 infirmières et 01 technicienne de sols (souvent en position debout prolongée).

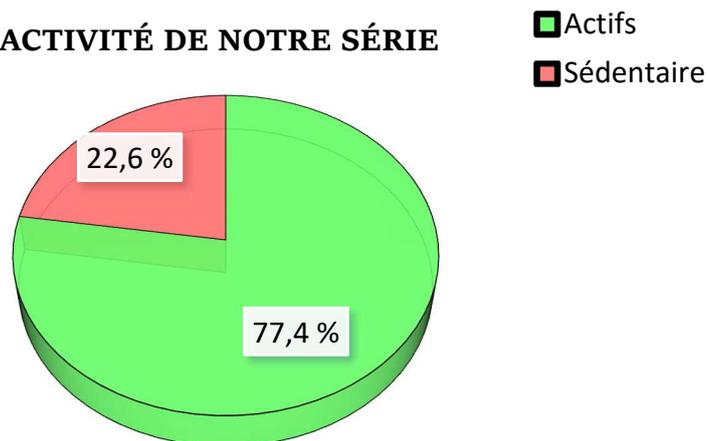
Tableau 5. Echelle de l'Activité Physique (PAL : Physical Activity Level) (48)

CATEGORIE	DESCRIPTION	NIVEAU D'ACTIVITE (PAL)
SEDENTAIRE	EXERCICE MINIMAL (TRAVAIL DE BUREAU)	1.2
ACTIVITE LEGERE	EXERCICES LEGERS /SPORT 1-3 FOIS PAR SEM	1.3-1.4
ACTIVITE MODERÉE	EXERCICES MODERÉ /SPORT 3-5 FOIS PAR SEM	1.5-1.6
TRES ACTIF	EXERCICES INTENSES/SPORT 6-7 FOIS PAR SEM	1.7 - 1.8
EXTREMEMENT ACTIF	TRAVAIL PHYSIQUE/SPORT QUOTIDIEN TRES DUR	1.9-2.0

Tableau 6. Indice podométrique selon l'OMS (45) :

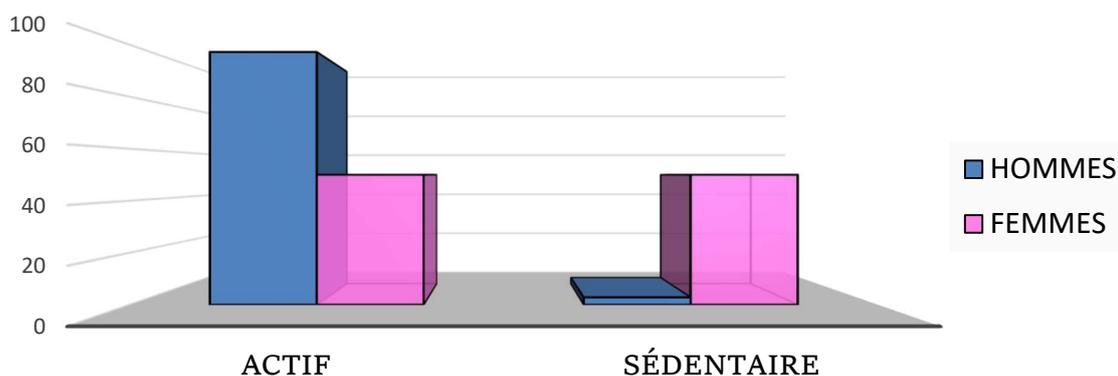
PAS PAR JOUR	NIVEAU D'ACTIVITÉ PHYSIQUE (PAL)
<5000	Mode de vie sédentaire
5000-7499	Activité faible
7500-9999	Assez actif
>10 000	Actif
>12 500	Très actif

DEGRÉ D'ACTIVITÉ DE NOTRE SÉRIE



Graphique 9. Répartition selon le degré d'activité de notre série (les 55 patients).

Degré d'activité par Genre



Graphique 10. Répartition selon le degré d'activité par Genre

▪ Répartition selon le type de pied

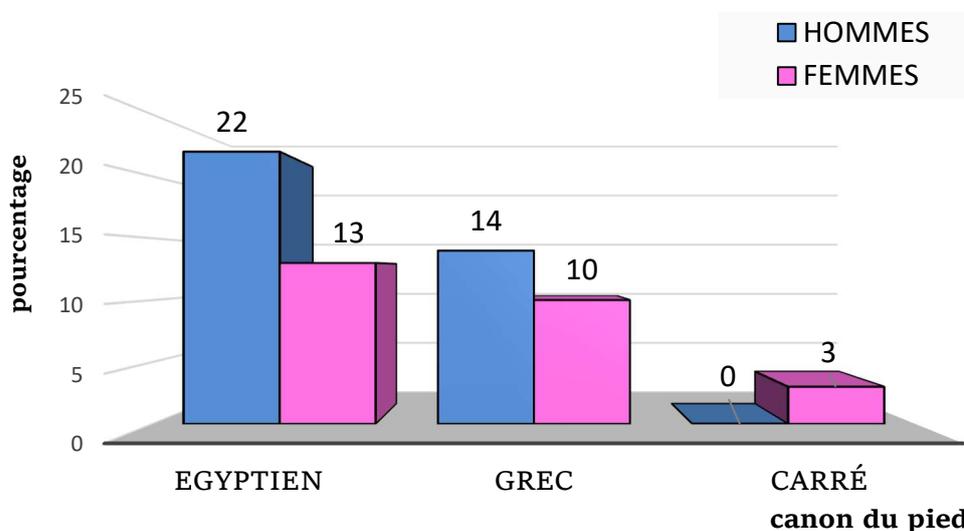
L'examen clinique des patients de la série au moment du recrutement a permis d'avoir une idée bien précise sur le type morphologique des pieds, chose qui s'est avéré primordial dans le planning opératoire :

1. canon du pied : Au cours de notre étude nous avons révélé que :
 - 35 pieds opérés étaient de *type Égyptien* ce qui représente plus de la moitié de la série (56.4 % contre 47.8% dans le monde) (51) (114),
 - 24 pieds avaient *un canon Grec* (= 38.7 % contre 23% de la population mondiale).

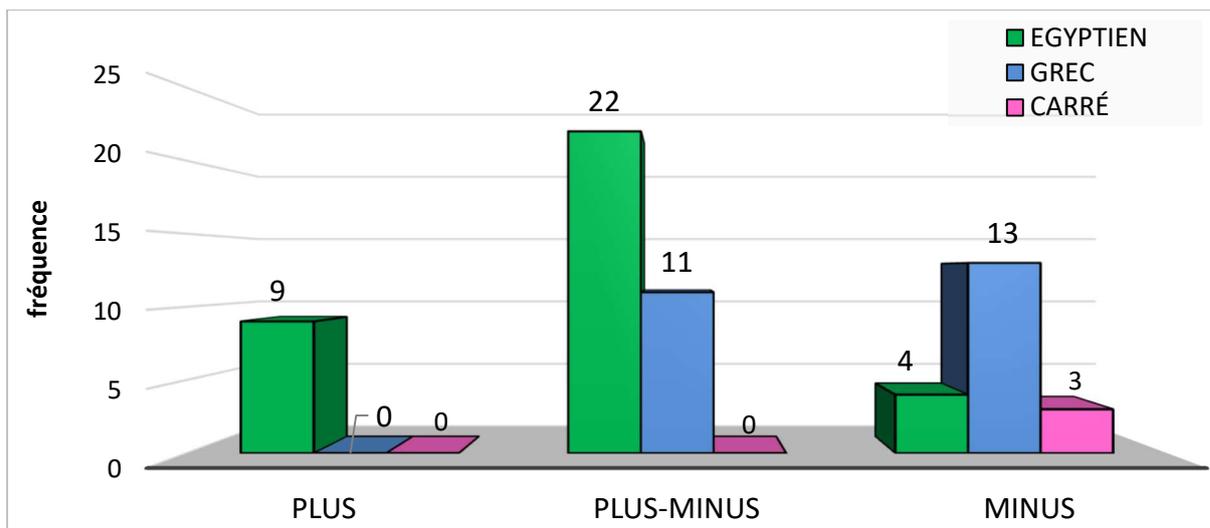
- Le *pied Carré* représentait 4.9 % (03 cas) contre 27 % de la population mondiale. Ce dernier a été retrouvé exclusivement dans le genre féminin (**Graphique 11**).

2. **index du pied** : l'étude de la longueur relative des métatarsiens entre eux (parabole métatarsienne de Lelièvre) sur les clichés radiographiques de face en charge a révélé que :

- L'*INDEX PLUS-MINUS* (M1 et M2 de longueurs égale) était le morphotype majoritaire (53.2 %) dans la série, avec :
 - . 22 cas de type *Egyptien*.
 - . et 11 cas de type *Grec*.
- L'*INDEX PLUS* où le premier métatarsien est trop long, est retrouvé chez 09 cas tous de *morphotype Égyptien* (**Graphique 12**).
- *INDEX MINUS* est retrouvé chez 20 patients, dont 04 avaient un *canon Égyptien*.



Graphique 11. Répartition selon le type de pied (canon) dans la série.



Graphique 12. Répartition selon l'index et le canon du pied dans la série.

7.1.5 Techniques chirurgicales

Toutes les interventions chirurgicales ont été réalisées : Patients en décubitus dorsal avec un garrot pneumatique placé au-dessus de cheville (pour 52 pieds) ou à la racine de la cuisse (pour 10 pieds opérés au début de l'étude). Une anesthésie locorégionale a été utilisée avec tous les patients (rachianesthésie ou bloc tronculaire) et un contrôle radioscopique par amplificateur de brillance a été effectué pour toutes les interventions.

▪ Installation

Les patients ont été installés en décubitus dorsal, jambières écartées afin qu'on puisse opérer sans gêne tout en utilisant le fluoroscope. Un garrot de cheville (**Figure 75**) a été placé à 15 cm de la malléole et gonflé à une pression égale à la pression systolique plus 150 mm Hg, après exsanguination par bande d'Esmarch ou bande de crêpe. Une pression de 350 mm Hg était un maximum. Elle devrait être de 50 à 75 mm Hg au-dessus de la pression d'occlusion artérielle (P_o) selon la *formule de Graham* (139) qui dépend de la circonférence du membre (C), de la largeur du garrot (L), et de la pression artérielle systolique (PAS) et diastolique (PAD) :

$$P_o = (PAS - PAD) \times C \text{ divisé par } L \times 3, + PAD = [(PAS - PAD) \times 2,5] + PAD.$$

Le temps de garrot en moyenne était de 45 minutes.

Ce positionnement du garrot plus près de l'incision a permis de réduire la zone ischémisée et éviter les complications douloureuses et la souffrance tissulaire d'aval (11).



Figure 75. Installation Garrot à la cheville

▪ ***L'ostéotomie en Chevron :***

La technique opératoire consistait en une résection de l'éminence médiale, une libération latérale des tissus mous (nœud fibreux latéral), une ostéotomie en Chevron distal du premier métatarsien, et capsuloplastie médiale, ainsi qu'une ostéotomie phalangienne d'Akin.

La release latérale :

Elle a été effectuée par voie classique intermétatarsienne et par voie médiale transarticulaire (pour 05 cas) (**Figure 80**), de façon prudente avec toutes les précautions nécessaires pour préserver le lit vasculaire et éviter le risque accru d'ostéonécrose avasculaire de la tête métatarsienne (98) (106).

Pendant l'approche du premier espace intermétatarsien plusieurs structures doivent être examinées. La première structure importante est la branche profonde du *nerf péronier superficiel* et plus en profondeur le *nerf digital plantaire commun* (**Figure 76**).

La deuxième structure est l'*artère métatarsienne dorsale du 1^{er} espace* et surtout sa branche l'*artère digitale dorsale de l'hallux* (**Fig.11**). La meilleure technique pour éviter ces structures est la mobilisation émoussée des tissus mous avec la pointe du doigt. Une fois le premier espace intermétatarsien est élargi, un écarteur Farabeuf ou de Méary est inséré. La capsule latérale et le tendon ADDH sont alors exposés.

Une section longitudinale première du *ligament métatarsosésamoïdien* (suspenseur latéral) et capsulotomie large pour permettre d'abaisser le sésamoïde latéral sous la tête du 1^{er} métatarsien, la section du *tendon conjoint* avec l'ADDH a été nécessaire pour les cas d'HV sévères (10 cas) et à chaque fois que le sésamoïde médial ne retrouvait pas sa place sous la tête M1. Le *ligament collatéral latéral* et le *ligament métatarsien transverse* ont été laissés intacts pour tous les malades. Un contrôle de réduction est effectué à chaque temps en portant le gros orteil en position forcée de varus d'environ 20° (**Fig.78**).

Aucun cas d'*Hallux varus iatrogène* n'a été signalé dans la série.

En tournant la jambe en rotation externe, une deuxième incision cutanée est pratiquée au niveau de la face médiale de la première articulation MTP avec précaution portée pour les *nerfs digital plantaire et dorsal* (**Figure 79**). La capsule articulaire médiale MTP est ouverte. L'articulation est inspectée à la recherche de changements dégénératifs.

La tête métatarsienne est maintenant exposée, par des écarteurs de Hohmann placés en position dorsale et plantaire, juste en dehors de l'articulation de la première articulation métatarso-phalangienne. L'écarteur plantaire l'écarteur de Hohmann protège l'artère plantaire de la tête métatarsienne, et l'écarteur dorsal protège l'apport sanguin intra-articulaire dorsal provenant de la capsule (**Fig.83**).

l'éminence médiale est coupée (Bossectomie) de manière minimale très économique, en effet le surplus osseux médial de la tête métatarsienne serait utile pour la stabilité lors du déplacement des fragments céphaliques et dorsal. Il faut juste obtenir une surface plane et régulière (**Fig.82**). C'est l'un des principes les plus importants de l'ostéotomie chevron.

A ce stade, l'ostéotomie en V est planifiée et réalisée. Le centre géométrique de l'ostéotomie en V a été à 05 mm de la surface articulaire MTP1. La direction de la coupe plantaire était guidée par une broche de Kirchner de 1,0 mm est introduite dans la tête du 1^{er} métatarsien de médiale à latérale généralement inclinée de 20°, en visant la tête du 4^e métatarsien pour être perpendiculaire au plan axial de M₂. La lame de scie devrait être prudente en respectant la vascularisation métaphysaire plantaire de la tête M₁. Dans la situation d'une position élevée du premier métatarsien (*metatarsus elevatus*) l'inclinaison peut être augmentée. Si un raccourcissement ou un allongement de M1 est nécessaire, la broche guide peut être dirigée vers la 5^e ou la 3^e tête métatarsienne.

La deuxième coupe dorsale (2^e branche du V) vient former un angle de 60° avec la branche plantaire (**Fig.59**). Pour les cas du Chevron modifié (en L inversé ou longue aile plantaire et qui a été utilisée pour sept cas) ; cette partie de la coupe osseuse était plus verticale et plus courte, contraire à la branche plantaire plus étendue au-delà de l'attache vasculaire plantaire à destinée céphalique.

Une fois que le fragment capital est libre et mobile, et que les ostéotomies ont été vérifiées (section complète) la diaphyse métatarsienne est tirée médialement à l'aide d'une pince à champ, tout en poussant la tête métatarsienne latéralement avec l'aide du pouce de l'autre main (manœuvre de *push and pull*). Une fois l'alignement est correct et que la tête métatarsienne est en place comme prévu en préopératoire, le fragment de capital est fermement impacté sur la diaphyse métatarsienne.). La translation latérale du fragment capital est entre 5 et 6 mm (**Figure 83**) et stabilisée provisoirement par broche qui vient fixer les deux fragments plantaire céphalique et dorsal proximal ; l'alignement correcte de l'hallux a été vérifié par le test clinique de simulation de charge de *Kristen* (**Fig.22**) ou en appliquant une surface plane contre la plante du pied ainsi que

par un contrôle radioscopique. Le sésamoïde médial toujours inspecté, sa position correcte sous la tête M_1 sans débord médial est un impératif ; sinon la libération latérale des tissus mous est revérifiée.

Dans le cas où la DMAA est augmentée, un coin de la coupe distal dorsal peut être excisé pour placer la tête métatarsienne dans une position plus en varus.

La fixation de la réduction était faite par une seule vis type Barouk 3.0 mm placée au minimum 5 mm du trait d'ostéotomie et de direction plantaire médiale vers le centre de la tête métatarsienne (**Figure 84**). La longueur de la vis est préalablement mesurée.

Ensuite, le surplus osseux médiale du fragment dorsal est excisée dans l'axe de la diaphyse métatarsienne, en veillant à ne pas exciser trop d'os et laisser de l'espace pour l'introduction de la vis.

L'ostéotomie d'Akin a été réalisée : basale, cunéenne externe, elle permet une varisation supplémentaire et une dérotation souvent nécessaire pour corriger la pronation de l'hallux (**Figure 85**).

La capsulorrhaphie en paletot était réalisée au fils Vicryl 2 après résection du surplus capsulaire médial distendu. Elle a été faite toujours hallux maintenu en flexion plantaire pour éviter toute raideur articulaire secondaire. la fermeture cutanée est réalisée au fil 3.0 aiguille triangulaire, un drainage aspiratif a été toujours mis en place (drain \emptyset 08 ou 10 mm). puis un pansement en ouate et compresses stériles maintenant hallux en varus et séparant les orteils latéraux et placé et serré par une bande crêpe dans le sens supinatoire (**Figure. 92**). En postopératoire immédiat, l'application de glace sur le pied est utile pour réduire l'œdème. les patients sont autorisés à marcher avec une chaussure à appui talonnier de type post-chirurgical (**Figure 93**).

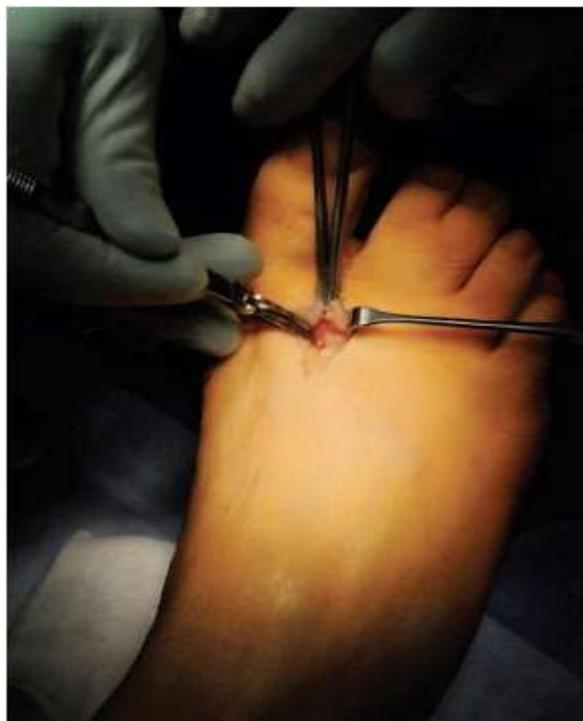
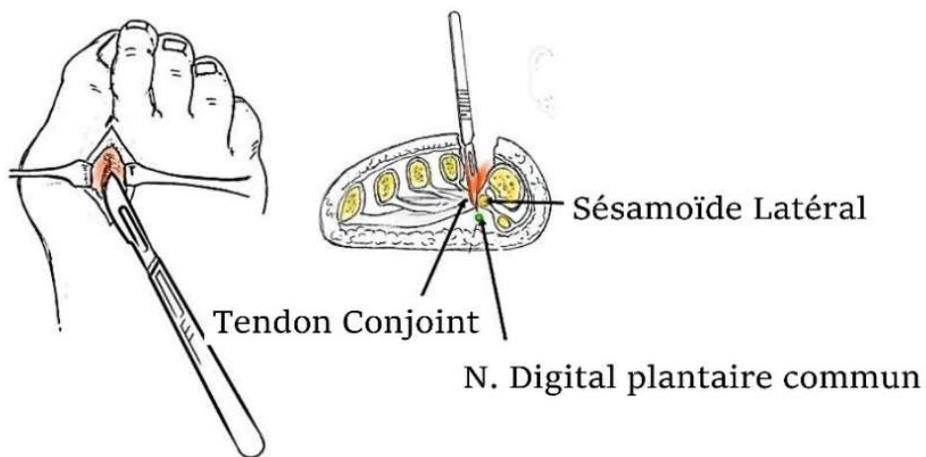


Figure 76. Voie intermétatarsienne ou voie commissurale (un de nos cas du groupe Scarf)

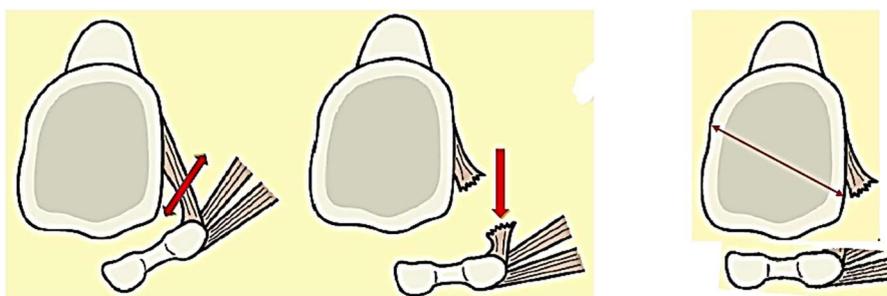


Figure 77. « Release » latérale et repositionnement de la tête de M1 sur le hamac sésamoïdien



Figure 78. Test manuel de réduction du valgus phalangien

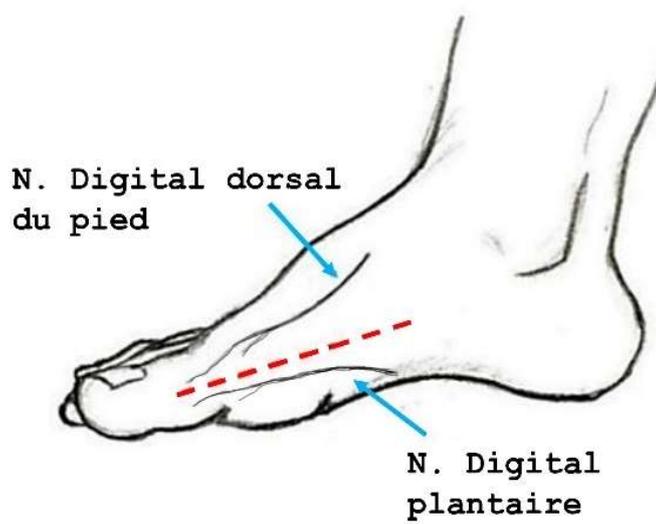


Figure 79. Voie d'abord médiale et Nerf digital dorsal



Figure 80 : une seule voie d'abord médiale pour la release et l'ostéotomie (un de nos cas du groupe Chevron).

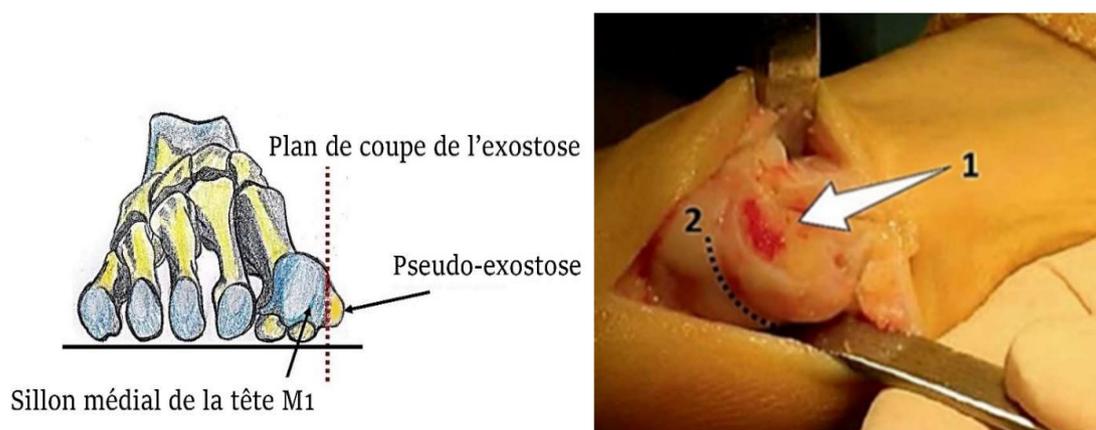


Figure 81. Exostosectomie (Bunionectomie) **1** : plan de coupe, **2** : sillon médial de M1 à respecter

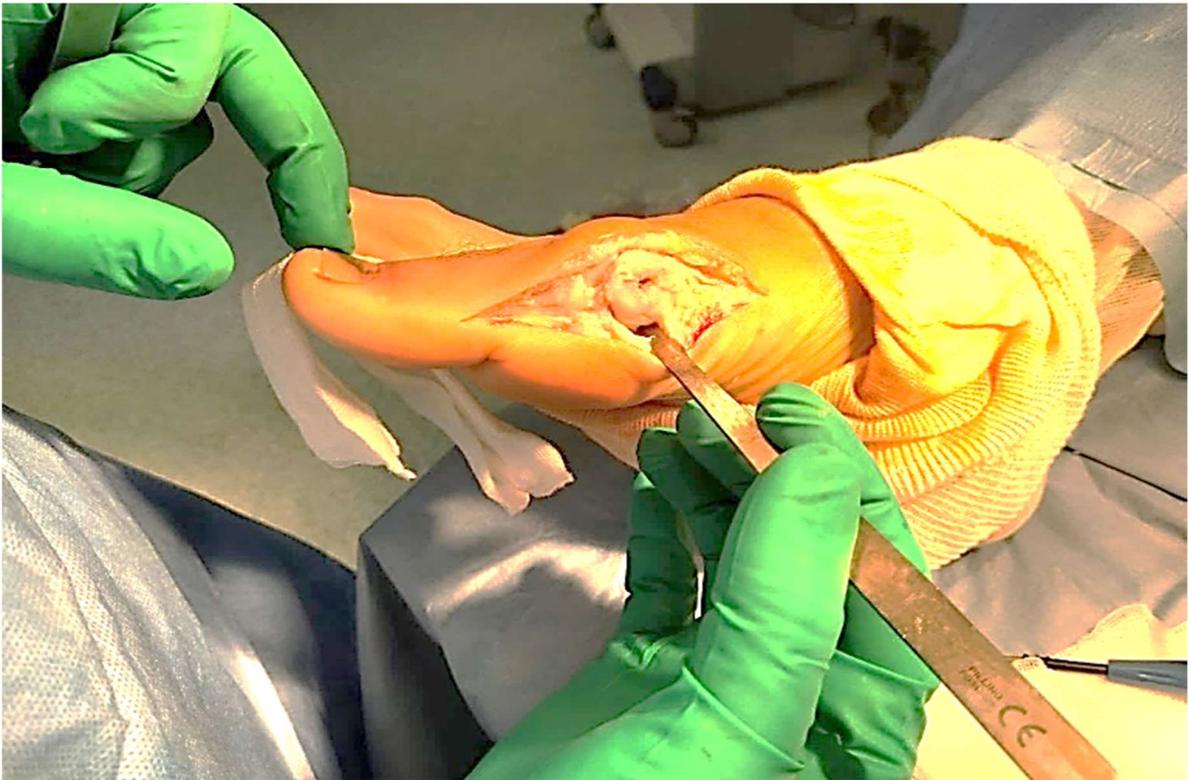


Figure 82 : L'incision cutanée médiane avec extension distale pour pouvoir réaliser l'ostéotomie d'Akin (un de nos cas du groupe Chevron)



Figure 83. Déplacement par translation latérale de la tête de M1 (un de nos cas du groupe chevron)



Figure 84. Ostéosynthèse par vissage unicortical oblique de proximal-dorsal en distal plantaire (un de nos cas du groupe chevron).



Figure 85 : Ostéotomie d'Akin avec résection d'un coin inféromédial de la base de P1. (un de nos cas du groupe chevron)



Figure 86 : Fixation de l'ostéotomie en Chevron : **A**: par 01 vis , **B**: par 02 vis
 (<https://www.hmpgloballearningnetwork.com/site/podiatry/acfashalluxvalgus>)

- **L'ostéotomie Scarf :**

L'installation est identique à la technique du Chevron.

La libération capsulaire latérale initiale avec ténotomie de l'ADDH au niveau du sésamoïde latéral (release) (63) a été effectuée dans tous les cas, par voie classique latéral commissurale qui donne un bon jour **dans 57 cas** ; et par voie médiale transarticulaire **dans 05 cas**.

Pour l'exposition médiale l'incision cutanée longitudinale médiane rectiligne a été effectuée ; dessinée hallux alignée sur M1. Elle débute sur la ligne neutre (jonction peau dorsale-peau plantaire de la phalange) sur le bord médial du premier métatarsien en partant de la base de la phalange proximale jusqu'à environ 1 cm en amont de la première articulation cunéométatarsienne.

Le bistouri qui prenait contact avec la métaphyse phalangienne, permettait d'ouvrir la capsule superficielle et se prolongeait sur le bord médial de M1 qui est toujours plus oblique en haut que l'incision cutanée décrite. En passant entre la capsule superficielle et la capsule profonde, la dissection éloignait le *nerf cutané collatéral supéromédial*. Il était possible d'exposer la portion supérieure du tendon de l'abducteur (ABDH) ; bon repère pour exciser en dessus sur 5 à 7 mm de façon arciforme la distension capsulaire.

L'ouverture de l'aponévrose de l'abducteur permet de préparer un lambeau fascio-graisseux qui, suturé au périoste supérieur de M1, recouvrira toute la partie haute de l'ostéotomie Scarf. Adhérent à la partie inférieure du tendon de l'abducteur, le *nerf cutané collatéral plantaire* doit être épargné pendant la suture capsulaire en fin d'intervention. L'hémiface dorsomédiale de M1 est exposée en sous-périoste en faisant attention à la *capsule dorsale* afin de préserver la vascularisation dorsale et de laisser le trait distal extra-articulaire.

Le décollement plantaire proximal est pratiqué à plus de 10-15 mm de la métaphyse plantaire distale pour ne pas léser les vaisseaux céphaliques principaux (notamment cervico-sésamoïdien médial) (**Figure 87**). Il permet de voir la *face plantaire du métatarsien*, nécessaire pour l'orientation du trait longitudinal à laquelle il doit être parallèle et de réaliser de façon précise et sûre le trait transversal proximal.

Cette capsulotomie médiale est suivie de l'ablation de l'éminence médiale (bunionectomie) à la scie oscillante, elle se fait de proximal en distal, lame placée parallèle au bord médial de M1. L'ostéotomie Scarf est faite de 03 coupes en forme de "Z" lorsqu'elle est observée de côté.

L'*ostéotomie diaphysaire du 1^{er} métatarsien* est donc oblique, se dirigeant en latéral et en plantaire (~40 degrés de direction plantaire et latérale), elle doit être plus dorsale en distale et plus plantaire en proximal de direction parallèle

à la face plantaire de M1, pour préserver le mur latéral et laisser une poutre sagittale solide qui seule permet une stabilité et un *large déplacement latéral* du fragment plantaire. Ce trait doit être suffisamment long partant du spongieux distal au spongieux proximal afin d'avoir deux grandes surfaces de contact et éviter l'impaction des héli-diaphyses ou « l'effet tuile » dans l'os ostéoporotique.

Le point de départ distal est planifié en localisant le centre de la tête métatarsienne sur sa surface médiale et en se déplaçant de 2 mm en proximal et de 2 mm en dorsal et en continuant le long de la surface médiale jusqu'à la partie proximale de l'os (**Figure 87**).

Les traits transversaux forment un angle d'environ 60° avec le trait longitudinal : Le *trait proximal* est pratiqué en premier de façon précise et sans danger grâce au décollement plantaire proximal. Le *trait distal* est pratiqué de façon extra-articulaire, il débute 05 mm en retrait par rapport à la surface articulaire capitale et perpendiculaire au plan axial de M2 pour préserver la même longueur métatarsienne. Ainsi l'ostéotomie Scarf sépare un fragment dorsal et proximal qui doit être soigneusement protégé, spécialement en ce qui concerne sa face latérale, et un fragment plantaire et distal qui comprend la face plantaire et la tête métatarsienne.

Le déplacement des fragments pour corriger l'alignement de l'hallux sera fait de façon prudente (**Figure 88**). Il peut être extrêmement important (deux tiers des surfaces) parce que la poutre latérale (face latérale) est préservée et induit par *obliquité de la coupe un abaissement de la tête métatarsienne*. Cet abaissement peut aller jusqu'à 07 mm ce qui est bénéfique pour les métatarsalgies associées du 2^e rayon.

Pour obtenir un tel déplacement il faut pousser ce fragment et de tirer en médial le fragment proximal dorsal avec une pince de Backhaus en « *pull and push* ». Une pince à champ mordant sur le fragment dorsal peut aider à tirer sur l'os et en faisant pivoter la pince vers le bas contre la tête métatarsienne aide au déplacement de l'ostéotomie.

La translation qui peut atteindre plus de la moitié de la largeur métatarsienne est fixée à ce stade par deux daviers provisoires puis contrôlée par test de simulation de charge et par un coup de radioscopie pour assurer une correction adéquate et une position correcte des sésamoïdes.

Pour la stabilisation et fixation du Scarf ; un davier spécial à mors décalés ou pince de Barouk (Fig.88.B) vient maintenir les deux fragments. Il ne faut pas trop serrer le davier pour éviter une compression excessive et un tassement en tuile des fragments dorsal et plantaire. Ensuite la fixation par deux vis vient stabiliser la translation. Il s'agit de vis canulées type Barouk (DePuy 03mm) autotaraudeuses à tête filetée (Figure 89) pour une compression interfragmentaire et pour faciliter leur enfouissement dans l'os cortical et éviter un conflit avec la chaussure

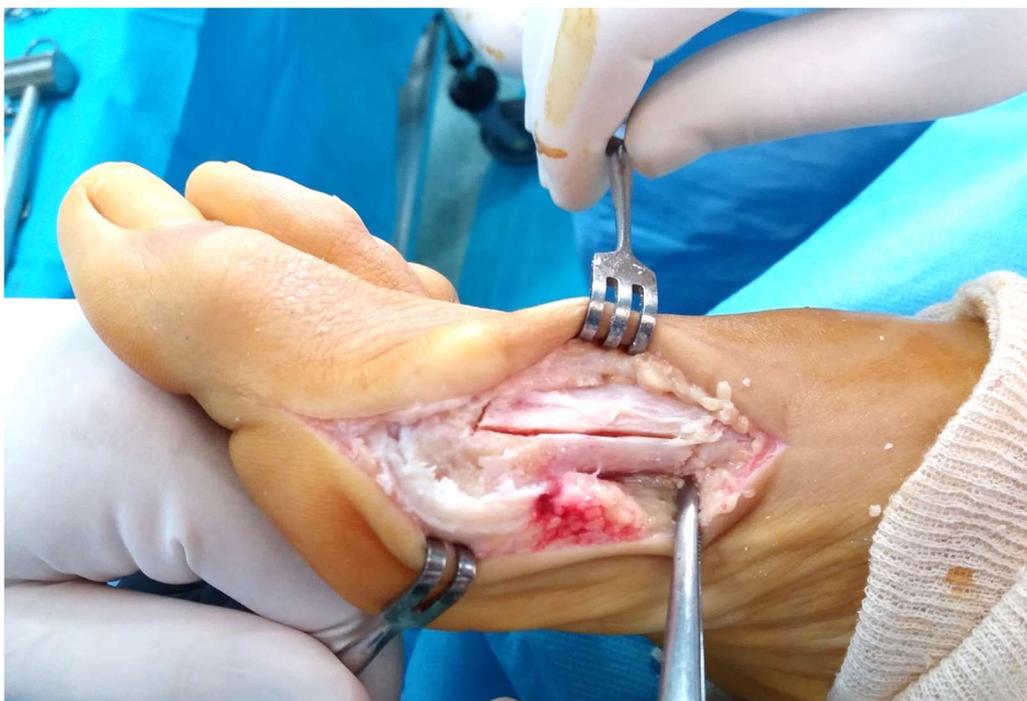


Figure 87 : dessin de l'ostéotomie Scarf en « Z ». (un de nos cas du groupe Scarf)

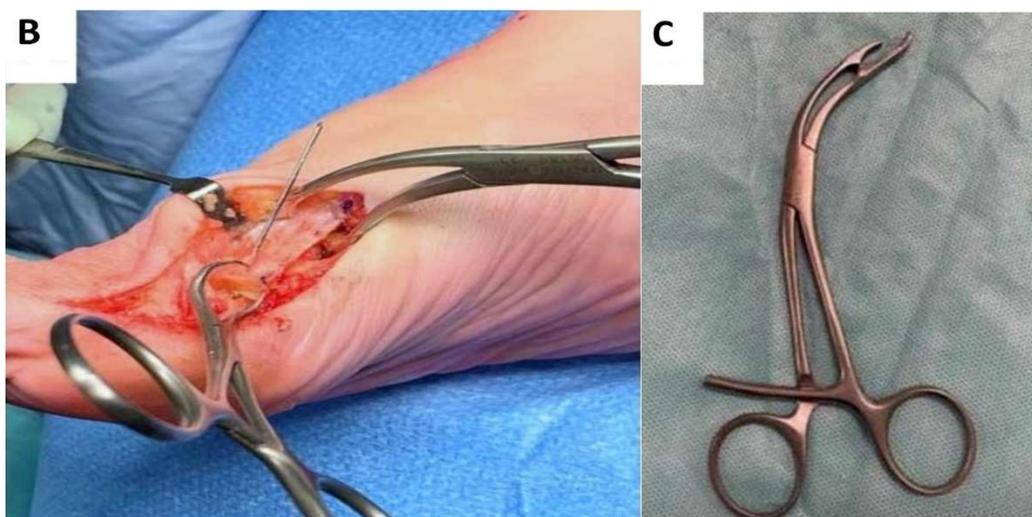


Figure 88: ostéotomie Scarf (A): déplacement des fragments pour corriger l'alignement de l'hallux. (B): fixation provisoire par Davier à mors décalés (pince de Barouk) (C)(63).
(un de nos cas du groupe chevron)

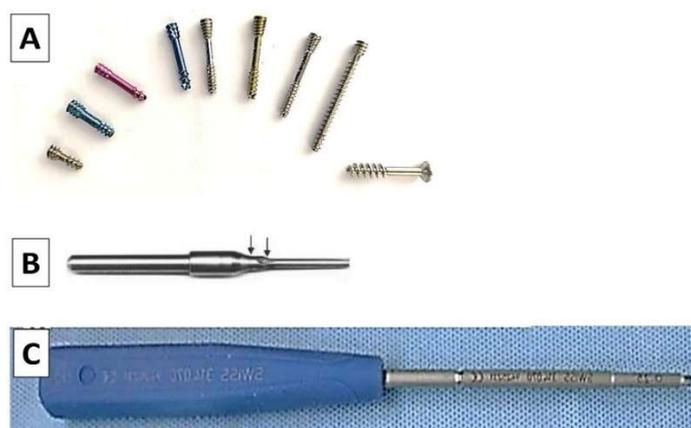


Figure 89 : vis de Barouk et à petit fragment (A), mèche et tournevis canulés (B-C)

Le vissage distal : L'introduction de la broche guide se fait 10 mm en arrière du cartilage de la tête près du bord latéral et dans une direction sagittale jusqu'au cartilage articulaire permettant un méchage guidé et un vissage oblique (de proximale dorsale à la plantaire distal) pour assurer la compression longitudinale des surfaces distales en contact. La Mesure directe de la longueur se fait sur une règle graduée avec soustraction de 05 mm à la mesure afin que la vis

ne dépasse pas dans l'articulation et que la tête de vis soit complètement enfouie.

Le vissage proximal : La broche guide proximale pénètre le fragment dorsal en son milieu et légèrement en médial dans une direction oblique, latérale, plantaire et distale pour atteindre la corticale plantaire dans une partie plus solide. L'issue de la broche peut être contrôlée de visu grâce au décollement plantaire proximal. Après mesure et méchage guidé l'ostéotomie est fixée par une vis de 03 mm de diamètre type Barouk. Il faut faire attention au bord latéral diaphysaire du fragment dorsal qui risque de casser lors de l'introduction de la vis.

Dans les cas où le cartilage de la tête métatarsienne est dirigé latéralement (DMAA), la rotation peut également être obtenue par l'ostéotomie Scarf en déplaçant la partie proximale de l'ostéotomie plus que la partie distale (**Fig.72**). le surplus osseux medial (en coin) après déplacement des fragments est retiré à la scie oscillante et peut être enfoncé dans le spongieux métaphysaire proximal pour encore stabiliser la translation c'est l'artifice de Maestro :

(**Figure 61**)(**Figure 90**).



Figure 90 : Excision du surplus osseux médial après déplacement des fragments à la scie électrique (un de nos cas du groupe Scarf).

Capsulorrhaphie ou retention tissulaire médiale, se fait par suture capsulaire en paletot en ramenant le feuillet plantaire de la capsule plus près de la base de P₁ (avec le tendon ADDH) en dessus du feuillet dorsal plus en proximal, tout en maintenant l'hallux en flexion plantaire (pour éviter un serrage excessif et une raideur articulaire secondaire) ou par un seul point en X réalisé au centre de rotation de la tête métatarsienne comme recommandé par Barouk. Après suture le tendon EHL ne devrait pas être trop attiré en médial, il doit rester rectiligne.

Avant de serrer définitivement le fil ; on utilise une pince peut bloquer le nœud et un contrôle à l'amplificateur de brillance dans une position d'appui simulé vient contrôler la réduction et s'assurer de la reposition correcte des sésamoïdes sous la tête M₁.

L'ostéotomie phalangienne proximale de l'hallux : Elle est basale de varisation: un coin à base médiale et plantaire est réséqué à la scie oscillante en faisant attention à la charnière latérale qui doit être préservée à chaque fois et au tendon FHL collé en plantaire à l'os et qui doit être protégé par un écarteur Hohmann. Si une rotation est nécessaire pour supiner la phalange distale, il peut être nécessaire de compléter l'ostéotomie et rompre la charnière, bien qu'il soit possible d'obtenir une petite dérotation par une légère déformation plastique de la corticale latérale. La fixation est faite par agrafe après réduction en valgus des fragments phalangiens.

L'ostéotomie diaphysaire d'accourcissement de P₁ est réalisé dans presque tous les pieds Égyptiens avec INDEX MINUS, une dérotation associée est réalisée à chaque fois qu'on a une pronation de l'hallux ; une varisation est possible par résection d'un fragment trapézoïde. La fixation s'est faite par agrafe ou par vissage oblique (dans 02 cas). En effet la persistance d'un canon Égyptien augmente la pression longitudinale sur la première métatarsophalangienne source d'hypocorrection de récursive.

Fermeture : La plaie est ensuite lavée avec du sérum physiologique et de la bétadine et fermée avec une suture sous-cutané au fil Vicryl et fermeture cutanée au fil de peau 3/0 .



Figure 91 : radiographie de contrôle pied en charge après ostéotomie Scarf (un de nos cas du groupe Scarf).

▪ L'ostéotomie P1 d'Akin

Elle est « la cerise sur le gâteau » selon Barouk (21). Elle permet d'améliorer le résultat anatomique, d'obtenir une bonne congruence articulaire et de diminuer le risque de récurrence (55). Il s'agit d'une *Ostéotomie basale de variation* réalisée selon un trait transversal avec résection d'un triangle à base médiale et plantaire et la préservation d'une charnière osseuse latérale (**Figure 85**).

Cette ostéotomie a été utilisée pour la majorité des cas. Le but était d'obtenir deux surfaces articulaires MTP_1 et IP parfaitement parallèles sur un cliché de face. Le siège proximal permettait un grand déplacement distal en dépit d'une petite résection médiale, cause du grand bras de levier.

La dérotation a été possible par un artifice de décalage de la base du triangle osseux à réséquer en position inférieure et médiale de la phalange. La réduction des deux segments phalangiens a permis ainsi un mouvement de supination correcteur de l'hallux dévié en pronation.

Ostéotomies diaphysaires de raccourcissement- varisation

Indiquée dans les cas de pied égyptien (de plus de 3 mm) avec *INDEX MINUS* OU *PLUS -MINUS* ne permettant pas de réaliser un raccourcissement sur le métatarsien. Elle a permis par la résection d'un segment osseux diaphysaire trapézoïde un raccourcissement et une varisation associée de l'hallux (04 cas). Ce raccourcissement de P1 a réduit l'allongement du bras levier phalangien ainsi que les contraintes axiales énormes sur l'hallux pendant la marche source de raideur articulaire douloureuse.

La mesure de la base osseuse à réséquer a été faite par calcul trigonométrique suivant : la largeur de la base de P1 par convention à 5 mm de la surface articulaire est égale à : 18 mm chez l'Homme et 15 mm chez la Femme. Le calcul donne alors pour une correction angulaire de 10° une base de résection osseuse de 3 mm chez l'Homme et de 2,5 mm chez la Femme. La correction a été contrôlée sur le parallélisme des interlignes articulaires MTP1 et IP (Radioscopie), et cliniquement par la ligne bordant la base de l'ongle qui doit être perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'hallux (**Fig.55**).

Fixation de l'ostéotomie

La fixation de l'ostéotomie de varisation de P1 tenait compte de la préservation d'une charnière osseuse latérale plus flexible et moins cassante au niveau métaphysaire qu'au niveau diaphysaire. Les moyens de fixation étaient nombreux.

- L'ostéosynthèse par agrafe :

Par agrafe à mémoire de forme, qui permet une fixation osseuse stable grâce à une compression naturelle par les pattes élastique de l'agrafe, a été utilisés dans 03 pieds (03 pieds égyptiens avec *INDEX PLUS*).

Par agrafes de varisation de section 10/10 (90° entraxe 10mm) a été utilisés dans la majorité des cas (56 pieds)

- l'ostéosynthèse par vis :

Selon la technique développée par Barouk par des vis canulées en compression

à double filetage ; introduites de façon oblique, de l'angle inféromédial au condyle latéral de la phalange au coin latérodistale sous amplificateur de brillance (vis de 16 à 22 mm de longueur) : a été utilisée dans 03 pieds.

- Le cerclage Métallique ou par fil résorbable, n'a pas été utilisé chez nos patients.

A. **Protocole postopératoire**

Le protocole postopératoire a été réalisé pour les deux groupes de patients. Le bandage du pied après une chirurgie de l'Hallux valgus est presque aussi important que l'opération. Bien que la correction de la déformation se fait en grande partie par l'alignement osseux plutôt que par la tension des structures capsulaires, il est essentiel d'utiliser la technique de bandage de l'Hallux valgus pour que l'hallux soit maintenu en position neutre et en légère supination après l'opération.

Le pansement de l'hallux en position corrigée a été réalisé au bloc opératoire avec compresses insinués entre les orteils qui sont laissés libre et visibles en dehors du bandage. Celui-ci a été réalisé avec rigueur d'abord enroulement autour du pied, puis autour de l'hallux dans le sens de la supination de l'hallux avec une bande de crêpe *en coton* (**Fig.93**). L'application régulière et précoce de glace sur le pied et la cheville, la surélévation du membre et la prescription d'un traitement antalgique adapté selon la tolérance des patients est systématique.

Les patients ont été autorisés à prendre appui sous couvert d'une chaussure de décharge métatarsienne *type Barouk* (**Figure 93**) (44) (66) à partir du deuxième jour postopératoire.

Le pansement est changé au 15^e jour avec ablation des fils à cette date.

Le patient est encouragé à surélever le pied pendant la période initiale de 06 semaines et à bouger activement les orteils dans le bandage. Il peut déambuler dans une chaussure postopératoire à appui talonnier avec béquilles.

Le premier examen en ambulatoire a lieu à 02 semaines pour le retrait du bandage et l'évaluation de la plaie, un simple pansement est remis avec séparateur

d'hallux. On leur montre comment mobiliser manuellement le gros orteil lors de cette visite et on les encourage à le faire à domicile pour prévenir la raideur postopératoire. A la fin du 1^{er} mois, le patient est encouragé à revenir à une chaussure de confort à empeigne large (chaussure de sport type trainer). A la 6^e semaines, on évalue la fonction et la guérison de l'ostéotomie. Des radiographies avec mise en charge sont faites pour vérifier la consolidation et l'appui total est autorisé avec interdiction de marcher sur la pointe des pieds durant 02 mois. Le retour aux activités sportives a été autorisé après 06 mois et le patient est revu à 03 -06 -12 mois , puis à 02 ans post-opératoires ; date à laquelle des radiographies sont faites avec bilan fonctionnel de contrôle selon l'échelle AOFAS et ACFAS (112).



Figure. 92. Pansement après chirurgie l'Hallux valgus : Compresse de gaze recouverte de coton synthétique stérile, qui est complété par un bandage en compression appliqué dans le sens de la supination pour corriger le désalignement en pronation du gros orteil (17).
(un de nos cas du groupe Scarf).



Figure 93. Chaussure thérapeutique de Barouk à appui talonnier
(photos libres de droit)

7.2 Méthodes :

7.2.1 Recueil des données

Deux échelles de mesures ont été utilisées pour cette étude :

1. Le score fonctionnel de l'*American Orthopaedic Foot and Ankle Society* (AOFAS) établi par Kitaoka (115) (119) **(Formulaire 1)**.

Cette grille établie un score fonctionnel subjectif sur 100 points, calculés à partir des différents items à savoir le degré de la douleur, la limitation de l'activité, les conditions de chaussage, la mobilité et la stabilité articulaire, l'existence de callosités et l'alignement du premier rayon du pied. Elle permet de classer les résultats en :

- *Excellent : pour une score entre 90-100*
- *Bon : pour un score entre 75-89*
- *Moyen : score entre 60-74*
- *Mauvais si < 60 ;*

2. Le score ACFAS 1^{er} module (*The American College of Foot and Ankle Surgeons scoring scale module 1 First Metatarsophalangeal Joint and First Ray*) (112)

(Formulaire 2).

C'est une échelle de cotation conçue pour la pathologie de la première articulation métatarsophalangienne et du premier rayon (100 points). Elle permet une évaluation de *l'Hallux valgus*, de *l'hallux rigidus*, et des déformations moins courantes comme *l'hallux malleus* et *l'hallux varus*. Elle comprend un recueil :

- des paramètres Subjectifs cliniques (la douleur, l'aspect esthétique du pied et la capacité fonctionnelle)
- et des paramètres Objectifs cliniques (fonction de l'hallux) et radiographique (calcul des angles définissant la déformation : HVA, IMA, DMAA-DM₂AA).

Le recueil des **données préopératoires** cliniques et radiologiques s'est fait en consultation externe puis au service de chirurgie orthopédique après hospitalisation (la veille de l'opération chirurgicale) :

. Par un examen clinique complet du pied (type et canon du pied, recherche de durillons...) et du membre inférieur en position couché et en appui, en marchant, avec exécution des différents tests cliniques (mesure de la mobilité de la MTP1 en flexion plantaire et dorsale, recherche de tiroir CM1 ; Paper grip-test, recherche de Gastro-courts...) et en répondant au questionnaire des 02 fiches de cotation AOFAS et ACFAS (degrés de la satisfaction du patient).

. Par mesures des données radiologiques sur cliché de face en charge :

Angles HVA, IMA, DMAA, DM₂AA, M1M5

Et sur cliché de profil en charge : AD (*angle de déclination de M1*) et ACM1(angle cunéo-métatarsien du 1^{er} rayon mesurant l'obliquité de la CM1

Le recueil des **données post-opératoires** a été réalisées à chaque consultation de contrôle et celles notées au dernier recul ont été comparées aux données pré-opératoires. les complications et les reprises chirurgicales éventuelles ont été enregistrées selon les cas.

Les paramètres d'évaluation pré et post-opératoires recueillis sont résumés dans le **Tableau 7**

Tableau 7 : Paramètres d'évaluation préopératoire et post-opératoire.

Paramètres d'évaluation préopératoire	Paramètres d'évaluation post-opératoire
✓ Nom-prénom	✓ Fonction/niveau d'activité
✓ Age	✓ Douleur/limitation d'activité
✓ Genre	✓ Apparence du pied
✓ Coté/droit-gauche	✓ Capacité fonctionnelle/type de chaussure
✓ Bilatéralité	✓ Mobilité du 1 ^{er} rayon/raideur
✓ Classification de l'HV : degré sévérité/Rx -----	✓ Force musculaire de l'hallux/grasp-test
✓ Fonction/niveau d'activité	✓ Boiterie
✓ Douleur/limitation d'activité	✓ Canon du pied
✓ Apparence du pied	✓ Index du pied/Radiographie
✓ Capacité fonctionnelle/type de chaussure	✓ Angles post-op: HVA-IMA-DMAA-DM2AA-AD-ACM1-M1M5
✓ Mobilité du 1 ^{er} rayon/raideur	✓ Score total AOFAS
✓ Force musculaire de l'hallux/grasp-test	✓ Score total ACFAS -----
✓ Boiterie	✓ Technique utilisé/Scarf ou Chevron
✓ Canon du pied	✓ Temps opératoire/durée(minutes)
✓ Index du pied/Radiographie	
✓ Angles préop :	
✓ HVA-IMA-DMAA-DM2AA-AD-ACM1-M1M5	
✓ Score total AOFAS	
✓ Score total ACFAS	

7.2.2 Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée en collaboration avec le service d'épidémiologie de l'HMRUC. D'abord, nous avons analysé l'échantillon choisi pour chaque type de chirurgie et vérifié les paramètres cliniques et radiologiques similaires afin d'éviter tout biais de sélection clinique et radiologique, ainsi que d'autres données telles que le temps opératoire et les complications.

- ✓ Les résultats des variables quantitatives sont présents sous la forme médiane en précisant l'étendue des valeurs retrouvées (valeurs minimales et valeurs maximales).
- ✓ Ceux des variables qualitatives entre les deux groupes de sujets (technique opératoire, signes cliniques subjectifs pré et postopératoires) sont exprimés en pourcentages.
- ✓ Les comparaisons des variables qualitatives ont été réalisées par des tests du Chi² ou des **tests exacts de Fisher** en fonction des effectifs théoriques
- ✓ les comparaisons de distributions des variables quantitatives par paires entre groupes (Scarf versus chevron) et entre les points dans les temps (préopératoire, postopératoire) ont été réalisés par des **tests de Student (test T)**.
- ✓ Le seuil de signification choisi pour l'ensemble des analyses statistiques est de 0.05.
- ✓ Les analyses ont été effectuées avec le logiciel IBM SPSS Statistics v25 pour Windows (IBM Corporation, Armonk, NY, USA). Les résultats ont été considérés comme significatifs au niveau de l'intervalle de confiance de 95 % pour toutes les analyses statistiques

RESULTATS

8.1 Résultats des données cliniques

Notre analyse clinique dans ce travail prospectif est basée sur l'étude des critères d'évaluation du score ACFAS (*module 1 : première articulation métatarsophalangienne et premier rayon*) (112) (**Formulaire 2**)(**Tableau 10**) , d'abord subjectifs (50 points):

- Appréciation de **douleur** (30 points);
- de l'**apparence** du pied (05 points);
- des **capacités fonctionnelles (chaussage)** (15 points).

Et objectifs (50 points) comprenant:

- la **boiterie** par douleur (05 points) ;
- la **mobilité MTP** du premier rayon (17 points) ;
- et la **force de préhension** de l'hallux (10 points).
- L'évaluation radiographique (18 points)

Ainsi que sur l'étude des critères d'évaluation du score AOFAS établi par Kitaoka (115) (**Formulaire 1**) (**Tableau 11**). Cette grille établie un score fonctionnel subjectif sur 100 points, qui combine des données subjectives et objectives, et comprend les paramètres cliniques suivants : **douleur** (40 points), **restriction fonctionnelle** (15 points), **restriction du chaussage** (10 points), **callosité sensible et douloureuse** (10 points), **degrés d'alignement du premier rayon** (05 points) et **raideur de l'articulation métatarso-phalangienne** (05 points). En outre, les patients ont été invités à évaluer la satisfaction générale et l'**aspect esthétique** de leurs pieds (excellent, bon, moyen ou mauvais). L'amplitude de mouvement de l'hallux a été mesurée en plaçant un bras du goniomètre parallèlement à l'hallux et l'autre bras du goniomètre parallèlement à la face plantaire du pied. Cette échelle permet de classer les résultats en :

- *Excellent : pour un score entre 90-100*
- *Bon : pour un score entre 75-89*
- *Moyen : score entre 60-74*
- *Mauvais si < 60.*

8.1.1 La douleur

La douleur était constante chez tous nos patients en préopératoire, souvent en regard de “ l’ognon ” (**Fig.21**) (48) ; liée à une exostose à la partie médiale de la MTP₁ par bursite ou irritation du *nerf digital dorsal médial* (33). Il s’agit donc de douleur d’allure mixte : mécanique exacerbée par l’activité physique (la marche et le sport) et inflammatoire par bursite en regard de l’exostose (**Tableau 11**)(**Graphique 13**).

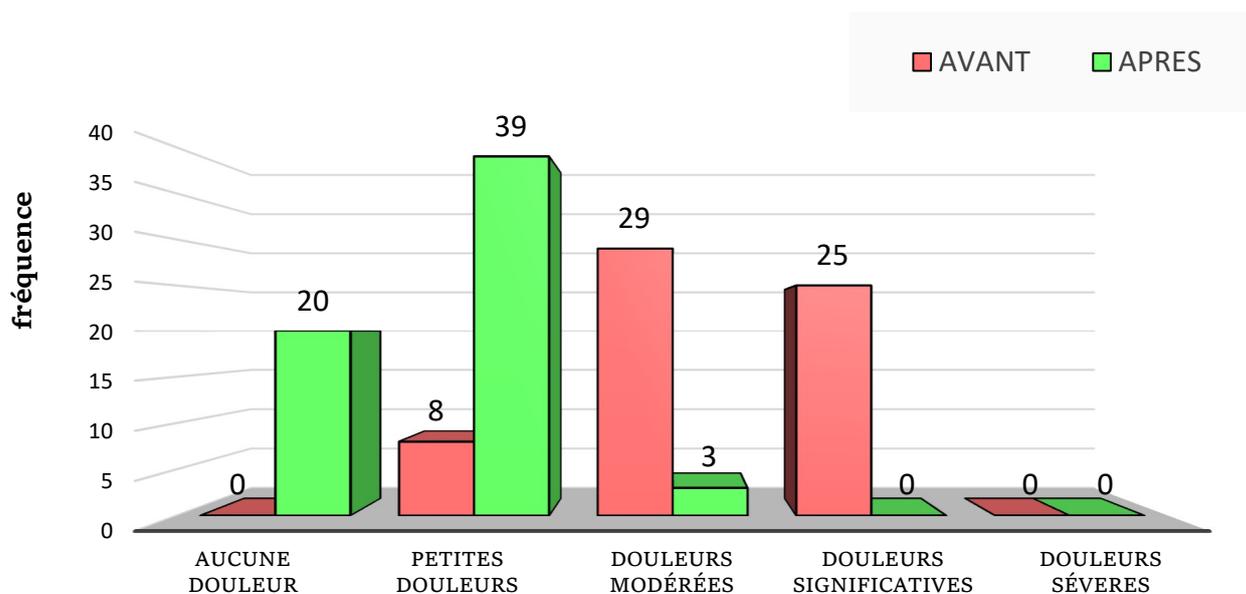
La suppression de cette douleur représentait l’élément majeur de la satisfaction des patients après l’intervention.

Aux stades avancés (Hallux valgus sévère) les patients consultaient pour les effets secondaires de l’Hallux valgus, avec :

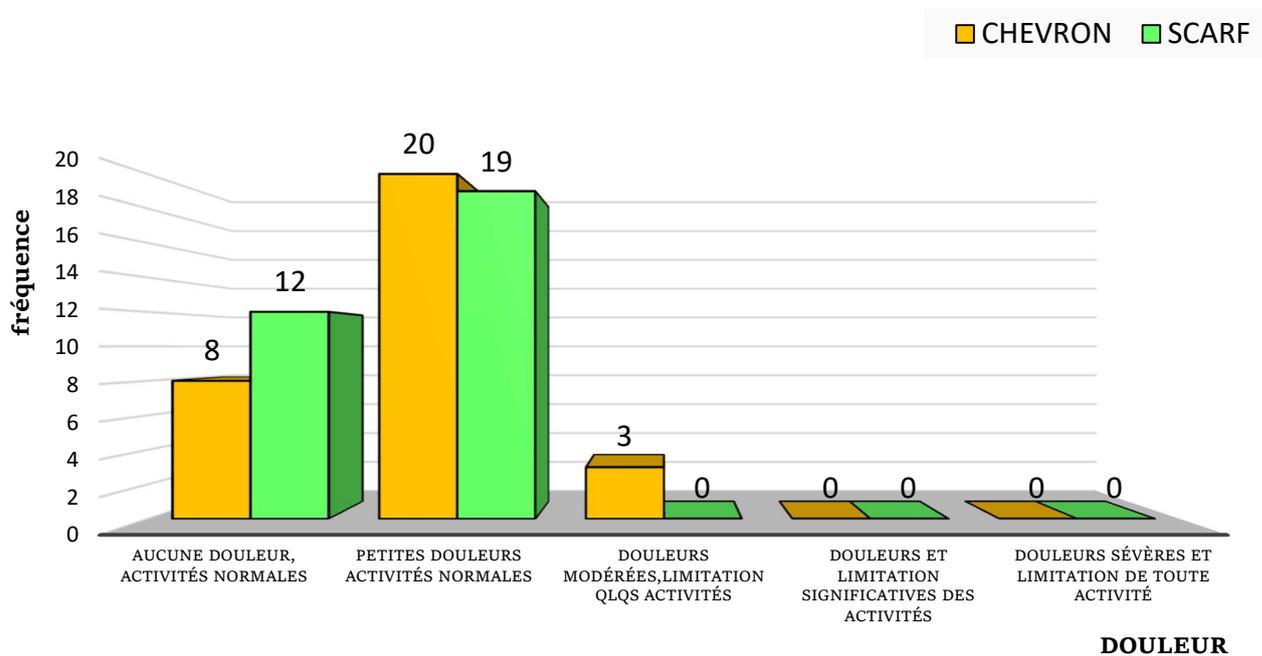
- *orteils en griffe* douloureux (10 cas)
- *métatarsalgies de transfert* (des rayons latéraux) (chez 09 cas) et durillons plantaires douloureux sous la tête de M₂ et ou M₅.

L’évaluation de la douleur et sa répercussion sur l’activité quotidienne durant le mois passé au jour de l’examen, nous a révélé que 87.1 % (54 cas) des patients souffrait de *douleurs modérées à importantes avec limitation significative des activités* quotidiennes et que cette douleur s’était nettement améliorée après chirurgie (délais minimum six mois postopératoire) puis *complètement disparue* chez 32.3 % de cette population (20 patients) et restait *occasionnelle sans limitation des activités* chez 62.9% de la série (chez 39 patients). Ceci exprime l’efficacité de ces deux techniques d’ostéotomie dans l’atténuation de la souffrance qui accompagne le désordre anatomique de l’HV.

L’analyse nous a révélé aussi que l’ostéotomie Scarf a donné des meilleurs résultats par rapport au Chevron sur la douleur et la gêne dans les activités quotidiennes, avec indolence totale dans 38.7 % des cas dans le groupe Scarf (12 patients) contre 25.8% du groupe Chevron (8 patients) ; et que 9.7 % (3 patients) des cas opérés par la technique du Chevron gardent toujours des douleurs modérées et limitation de quelques activités mais avec une amélioration progressive dans le temps (**Graphique 13**)(**Graphique 14**).



Graphique 13. Évaluation de la douleur en pré et post-opératoire.

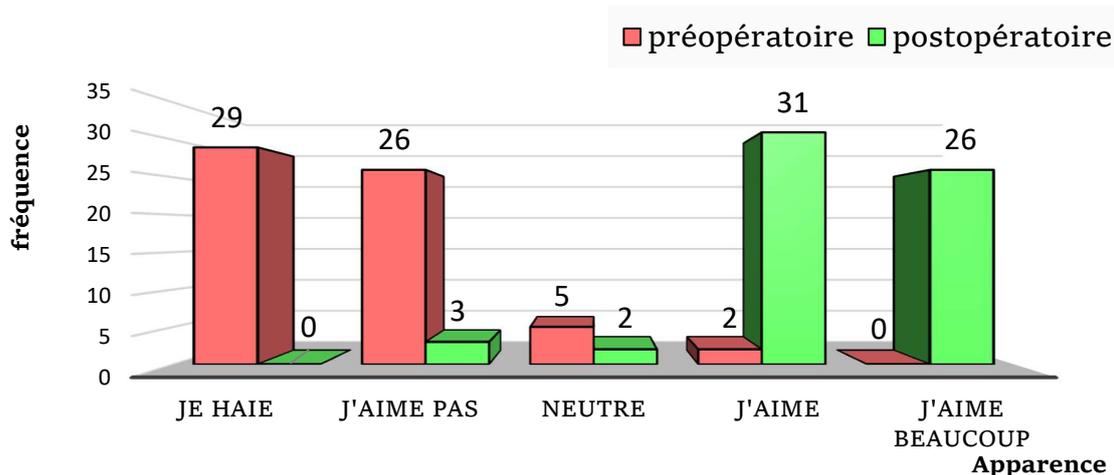


Graphique 14. Comparaison de la douleur après Chevron et Scarf.

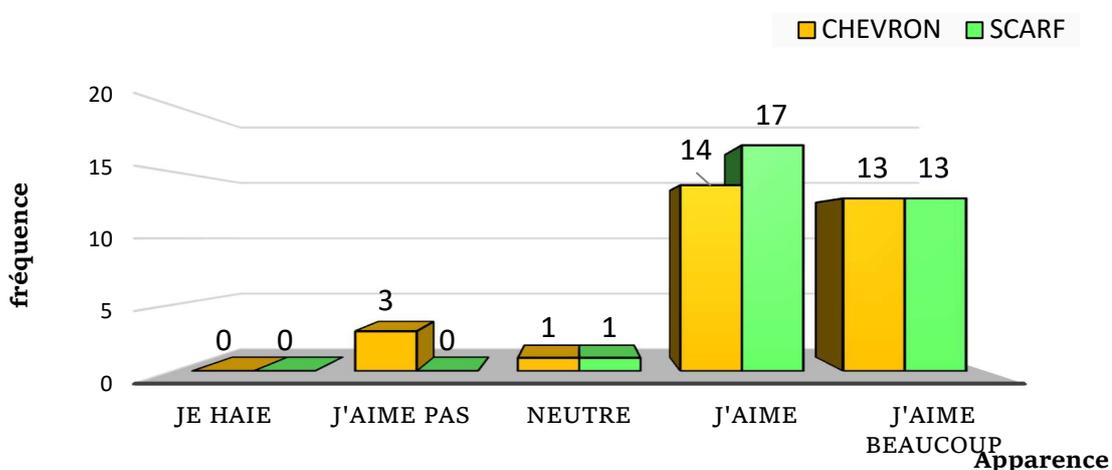
8.1.2 L'apparence

L'appréciation de *l'apparence*, 2^e paramètres subjectif du score ACFAS recueilli après *la douleur* par le Formulaire remis aux malade en posant la question : « comment évaluer vous l'apparence de l'articulation de votre gros orteil ? », nous a révélé que :

91.9 % des patients opérés aiment ou aiment beaucoup l'apparence de leurs pieds après correction (**Fig.95**) contre **3.2 %** avant la chirurgie : il s'agit de **28 cas** de Chevron contre **30 cas** de Scarf, cependant **03** personnes du groupe Chevron ont présenté un échec opératoire avec aspect toujours mal apprécié du pied, ce qui représente **4.8 %** des cas contre **00 %** malades insatisfaits dans le groupe Scarf (**Graphique 15**) et(**Graphique 16**).



Graphique 15. Évaluation de l'apparence en pré et post-opératoire.



Graphique 16. Comparaison de l'apparence après Chevron et Scarf (nos patients)

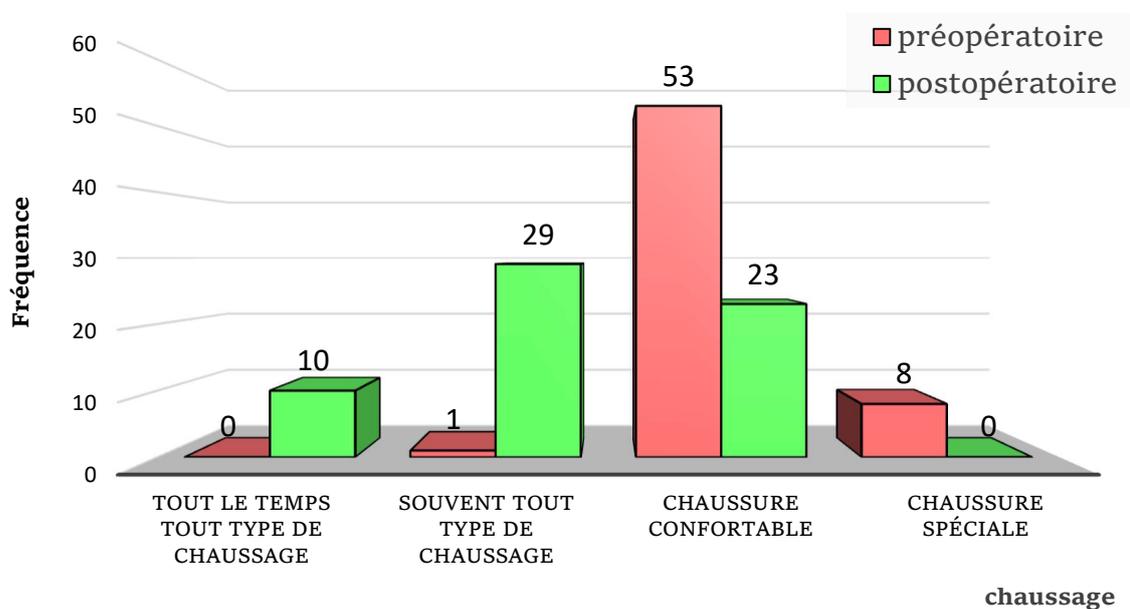


Figure 94 : Appréciation de l'apparence : 92% des patient(e)s aiment l'aspect de leurs pieds après chirurgie (quelques patients de notre études)

8.1.3 Capacité Fonctionnelle

En répondant à la question : « *quelle est la fréquence des douleurs en portant des chaussures ?* » nous avons recueilli les points du 3^e paramètre subjectif du score ACFAS (112).

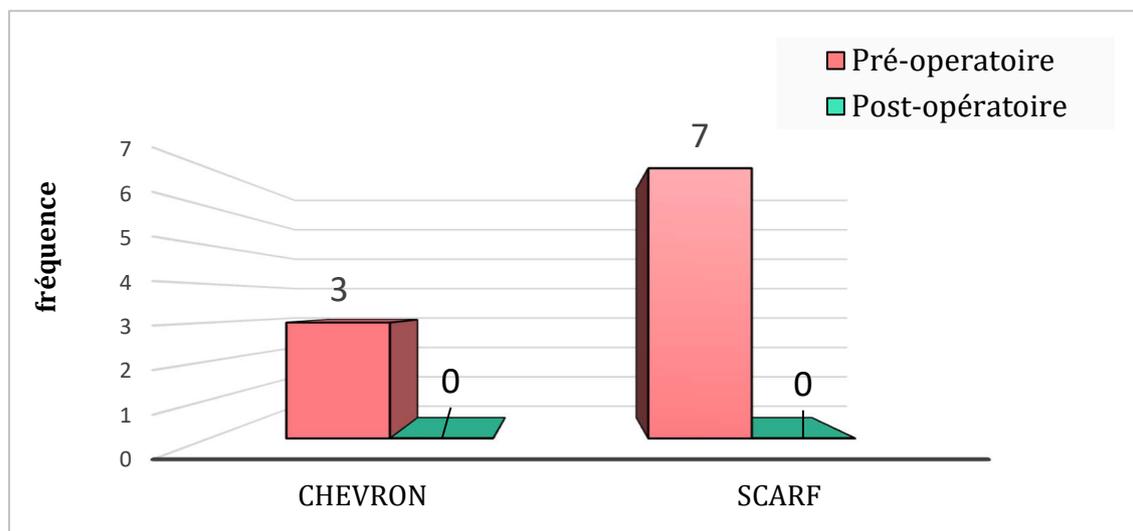
98.4 p. cent des patients (**61 cas**) souffraient de gênes au chaussage qui les obligeaient à porter des chaussures orthopédiques spéciales ou de confort (de sport) avant la correction chirurgicale. Après ostéotomie métatarsienne de type Chevron et Scarf ; plus de la moitié des malades (**62.9%= 39 cas**) se sont nettement améliorés et pouvaient désormais porter tout type de chaussures souvent ou tout le temps sans gêne. Par contre **23 malades (37.1%)** pouvaient porter des chaussures confortables seulement (**Graphique 17**) :



Graphique 17. Comparaison de la capacité fonctionnelle (chaussage) en pré et post-opératoire.

8.1.4 Boiterie par douleur

16 p. cent de la population étudiée (03 du groupe Chevron et 07 du groupe Scarf) souffraient de boiterie par douleur accompagnant l'Hallux valgus. Après chirurgie tous les patients se sont améliorés et ne boitaient plus après consolidation osseuse (au contrôle de 06 mois)



Graphique 18 : boiterie par douleur dans les deux groupes d'étude

8.1.5 Mobilité du premier rayon

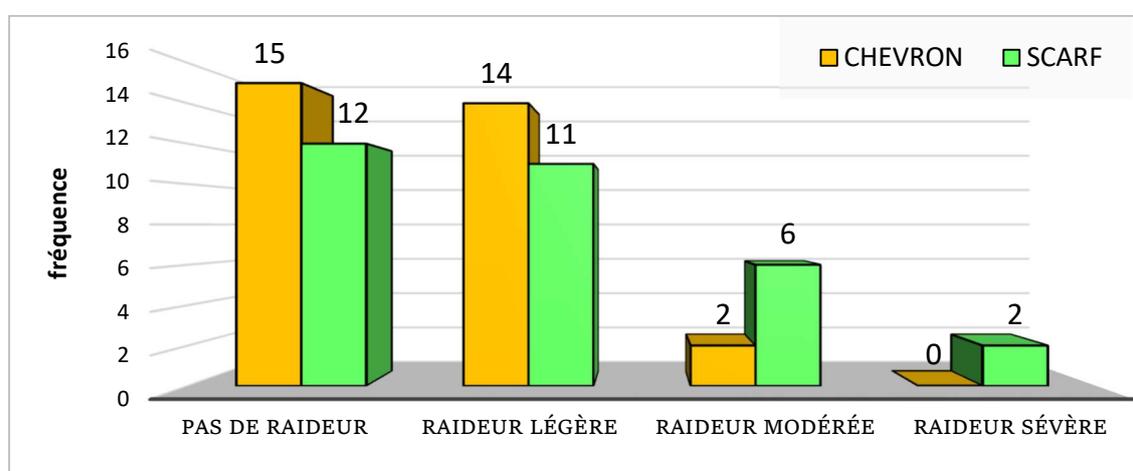
Le contrôle de la mobilité articulaire du premier rayon et notamment de la MTP_1 (sur 17 points selon le score ACFAS) : en dorsiflexion passive de la MTP_1 (sur 11 points) et en flexion plantaire (sur 04 points) associée aux degrés d'extension de l'interphalangienne de l'hallux (sur 02 points) nous a révélé :

L'installation d'une *raideur légère* dans 26 pieds (41.9%), vite rattrapée par un programme de rééducation continue chez le kinésithérapeute et en autorééducation ;

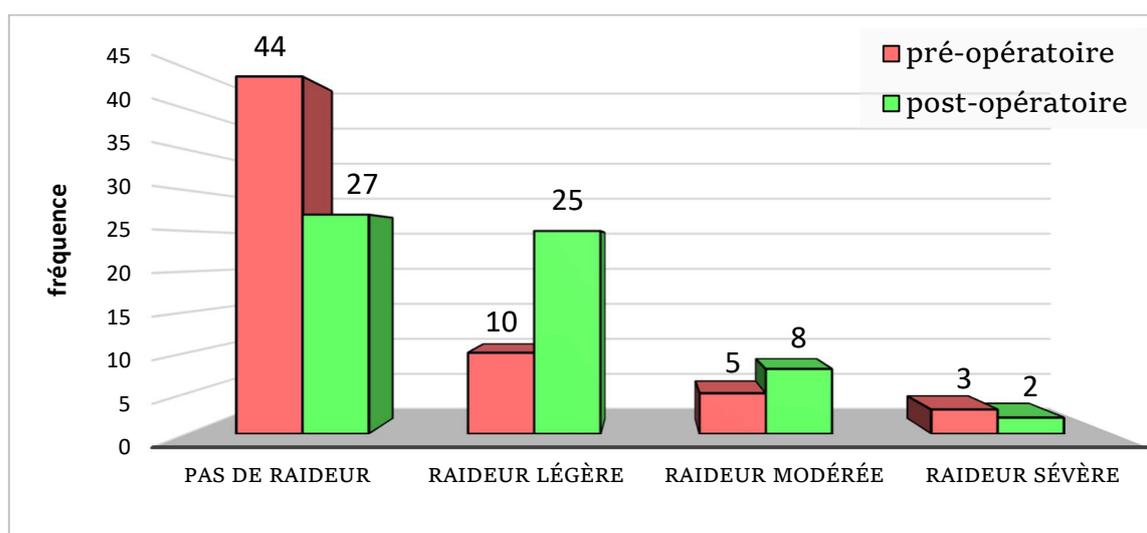
Et d'une *raideur modérée à sévère* chez 10 patients (16.1%) (08 post-Scarf et 02 post-Chevron) associée à une force d'appui pulpaire nulle (*grasp test*) chez 03 patients (01 post-Scarf et 02 post-Chevron) (**Graphique 19**). Cette raideur et perte de la force musculaire s'amélioraient au fil du temps et commençaient à

disparaître lors des contrôles réguliers (6-18 mois) par un programme de rééducation strict et la pratique de la marche pieds nus sur le sable (plages) ; technique qui s'est avérée très efficace notamment chez le sujet âgé.

sur le **(Graphique 20)** nous remarquons une perte de mobilité importante du premier rayon en post-opératoire, qui est passée de 71 % de la série (44 pieds à mobilité normale) en préopératoire à 43.5 % (27 pieds seulement de mobilité correcte). Heureusement il s'agit de raideur légère en majorité des cas : 40.3 % des cas de raideurs enregistrées (25 pieds).



Graphique 19 : Comparaison de la raideur post-opératoire Chevron vs Scarf.



Graphique 20. comparaison du degrés de raideur MTP1 en pré et post-opératoire

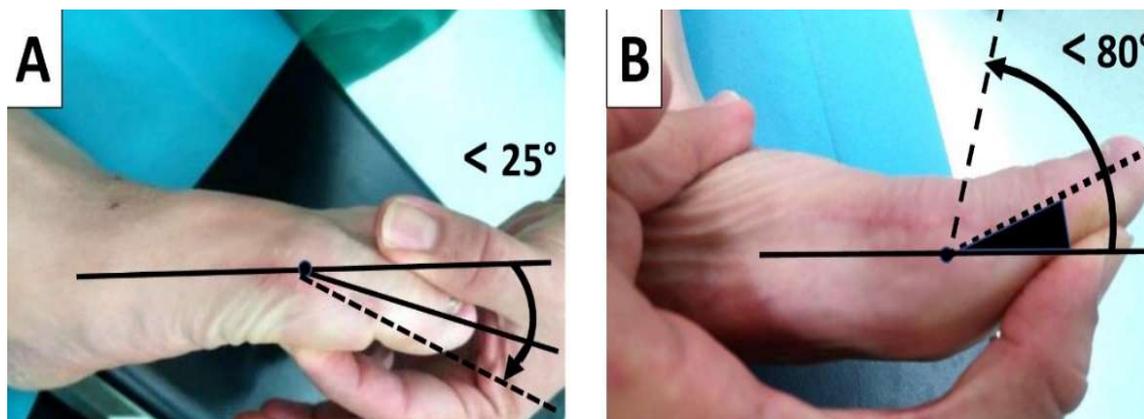
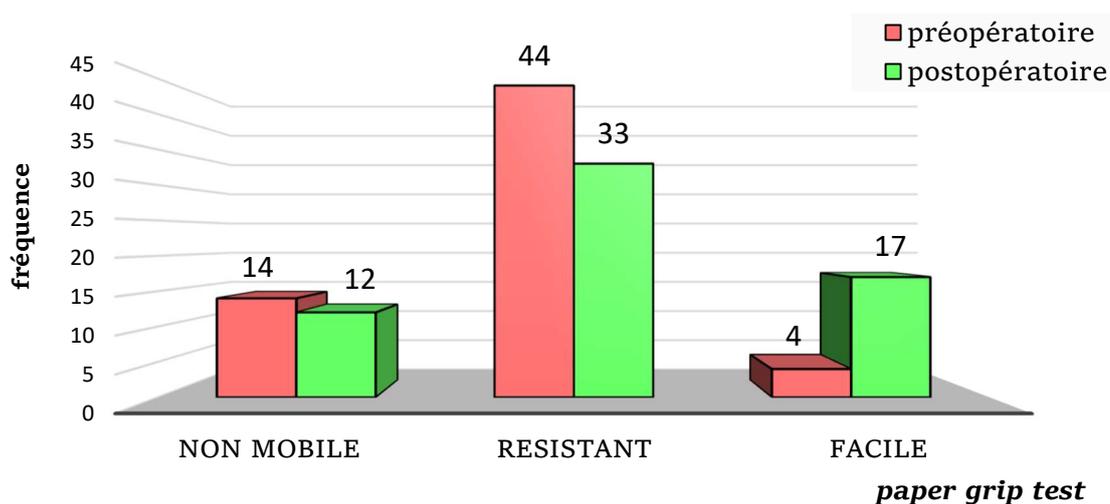


Figure 95. Raideur post-opératoire de la MTP1

8.1.6 Force de préhension de l'hallux

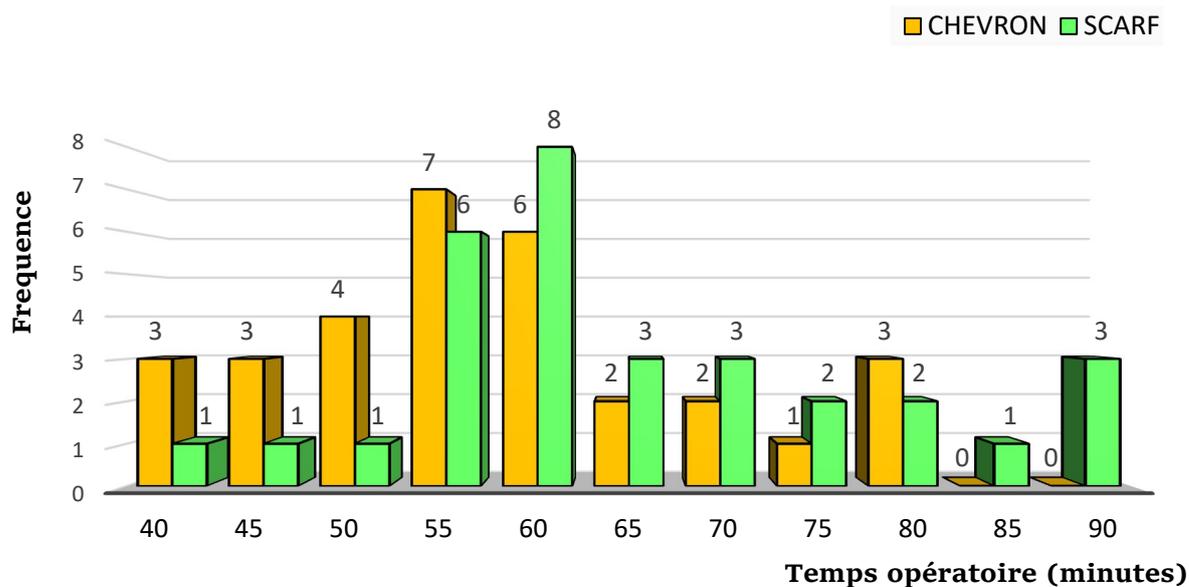
Le contrôle de la force musculaire de préhension de l'hallux (*Paper grip test*) avant et après chirurgie (sur 10 points selon le score ACFAS : Non mobile (10 points), Résistante (05 points) et Facile (0 points)) nous a révélé une diminution de la force d'agrippement de l'hallux après chirurgie chez 26 patients ($\approx 42\%$ des cas)(**Graphique 21**), allant de pair avec la raideur de la première métatarsophalangienne et interphalangienne du gros orteil installée après chirurgie.



Graphique 21. comparaison de la force de prise de la l'hallux (grip test) en pré et post-opératoire.

8.1.7 Temps opératoire

La durée du temps opératoire était en moyenne de 61.47 ± 12.74 minutes de façon globale depuis la première incision jusqu'au pansement, avec durée plus courte dans l'ostéotomie en Chevron (57.8 mins) par rapport au Scarf (65.2 mins) : $P\text{value} = 0.021 < 0.05$ (**Graphique 22**) (**Tableau 8**).



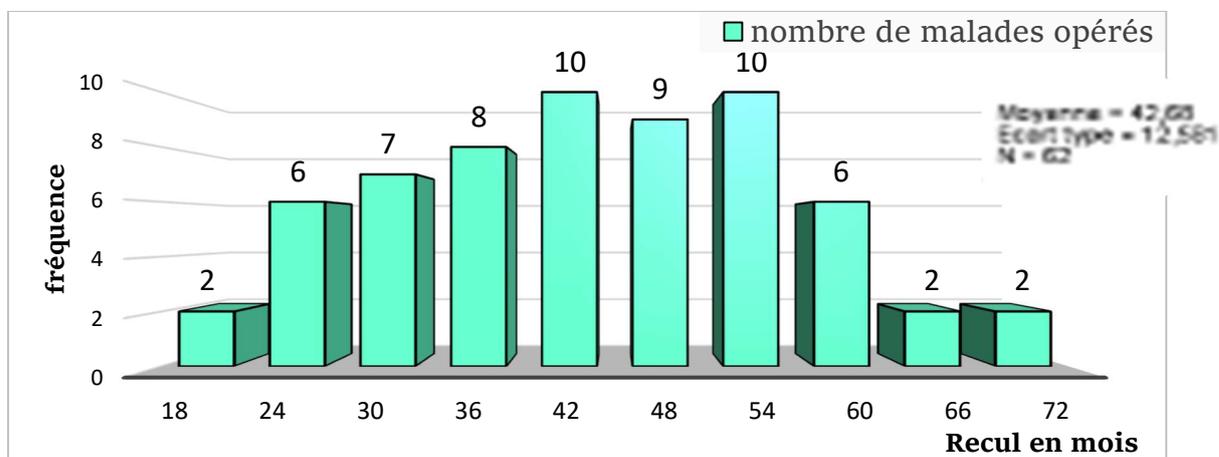
Graphique 22. Répartition selon la durée opératoire pour chaque type d'ostéotomie

Tableau 8 : Comparaison entre les deux technique par rapport au temps opératoire (mins)

	Technique	N	Moyenne	Écart type	Moyenne er-reur standard	P value
Durée	Scarf	31	65,16	13,143	2,361	0.021
	Chevron	31	57,77	11,360	2,040	

8.1.8 Recul

Le recul moyen de la série est de 42.7 mois avec un écart type de 12.6 mois et des valeurs extrêmes allant de 18 mois à 72 mois (**Graphique 23**).



Graphique 23 : Le recul moyen de la série

Tableau 9 : Comparaison des résultats fonctionnel (score AOFAS et ACFAS) et radiologiques après ostéotomie Scarf et ostéotomie en Chevron.

	CHEVRON			SCARF		
	Préop	Postop	% amélioration	Préop	Postop	% amélioration
HVA	29.48 ± 5.53	12.68 ± 2.54	57.02%	32.87 ± 5.98	12.97 ± 1.99	60.54%
IMA	15.58 ± 3.12	8,39 ± 2.01	46.17%	17.13 ± 3.38	8,29 ± 2.05	51.61%
AOFAS	52.90 ± 15.81	85.26 ± 10,23	37.94%	45.52 ± 17.59	82.61 ± 10.70	44.91%
ACFAS	53.97 ± 9.44	78.10 ± 8.04	30.90%	44.74 ± 11.05	79.61 ± 7.37	43.80%
DM1AA	14 ± 6.01	7.74 ± 3.16	44.71%	17.52 ± 7.71	6.52 ± 2.91	62.79%
DM2AA	7.52 ± 3.41	1.84 ± 2.54	75.53%	9.0 ± 7.39	1.84 ± 2.41	79.55%
AD	22.19 ± 4.59	22.06 ± 4.70	0.58%	22.19 ± 4.59	22.06 ± 4.70	0.58%
M1M5	32.68 ± 6.06	23.45 ± 3.85	28.24%	31.61 ± 4.34	21.77 ± 4.41	31.13%
TEMPS OP.	57,8 ± 11,4 min			65,2 ± 13,1 min		

Tableau 10. Score fonctionnel de l'American College of Foot and Ankle Surgeons (ACFAS) (premier module) en pré et post opératoire de toute notre série (62 pieds) :

Catégorie	Degré	Nombre Préop	Nombre Postop
Appréciation de la Douleur/30 p	Aucune douleur, Activités normales (30)	0	22
	Petites douleurs, Sans limitation des activités (22)	8	38
	Douleurs modérées, Limitation qlqs activités (14)	29	2
	Douleurs et limitation Significatives des activités (6)	25	0
	Douleurs sévères, Limitation toute activité (0)	0	0
Appréciation de L'Apparence du pied/05 p	J'aime beaucoup (5)	0	26
	J'aime (4)	2	32
	Neutre (3)	5	2
	Je n'aime pas (2)	26	2
	Je haie (0)	29	0
Appréciation de La capacité fonctionnelle (Chaussage) /15 p	Tout type de chaussures Tout le temps (15)	0	10
	Souvent tout type de chaussures (10)	1	29
	Seulement chaussures confortables ou de sport (5)	53	23
	Seulement chaussures orthopédiques ou spéciales (0)	8	0
Évaluation Radiographique (HVA-IMA-AD) /18 p	HVA (6) : 6/3/0/2/0	0 (31.8°)	6 (12.8°)
	IMA (6) : 6/3/0/0	3 (16.4°)	6 (8.3°)
	AD (6) : 6/3/0/2/0	3 (27.2°)	3 (27.2°)
Mobilité du 1^{er} rayon/17 p	Mobilité normale (17)	44	27
	Légèrement limitée (14)	10	25
	Raideur (10)	5	7
	Raideur sévère (6)	3	3
Force de préhension de l'hal- lux/10 p (Paper grip test)	Non mobile (10)	12	14
	Résistante (5)	33	44
	Facile (0)	17	4
Boiterie par douleur/05 p	Non (5)	36	62
	Oui (0)	26	0

Tableau 11. Score fonctionnel de L'American Orthopaedic Foot & Ankle Society (AOFAS) en pré et post opératoire de toute notre série (62 pieds) :

Catégorie	Degré	Nombre Préop	Nombre Postop
DOULEUR	Aucune (40)	00	22
	Légère (30)	08	36
	Modérée (20)	54	04
	Sévère (0)	00	00
FONCTION (Limitation activités)	Aucune (10)	00	
	Loisir (7)	08	23
	Quotidienne (4)	37	37
	Toutes(sévère) (0)	17	02
			00
CHAUSSAGE	Conventionnel (10)	00	39
	De confort (5)	54	23
	Orthopédique (0)	08	00
MOBILITÉ MTP1	Pas de raideur (10)	52	38
	Raideur modérée (5)	07	21
	Raideur sévère (0)	03	03
MOBILITÉ IP	Pas de limitation (5)	59	59
	Limitation sévère (0)	03	03
STABILITÉ MTP1 + IP	Stable (5)	43	62
	Instable-luxée (0)	19	00
CALLOSITÉ MÉDIALE	Asymptomatique (5) Ou absente	42	58
	Symptomatique (0)	20	04
ALIGNEMENT	Bon (15)	03	42
	Assez bon (8)	36	18
	Mauvais (0)	23	02
SCORE AOFAS	90-100	00	17
	75-89	04	37
	60-74	23	07
	<60	35	01

8.2 Évaluation radiographique

Les deux ostéotomies ont entraîné des améliorations significatives de tous les paramètres radiographiques mesurés ($p < 0,05$), sauf pour l'angle de déclinaison (AD) du 1^{er} métatarsien qui n'a pas eu de changement important ($p > 0.05$) (**Tableau 12**).

L'angle d'hallux valgus moyen préopératoire de 31.2 degrés s'est amélioré à 12.8 degrés après 18 mois minimum de suivi. L'angle intermétatarsien moyen s'est amélioré de 16.4 à 8.3 degrés. La largeur moyenne de l'avant pied a diminué de 04-05 mm . Les scores de l'American Orthopaedic Foot & Ankle Society se sont améliorés de 49.21 à 83.9, ceux de l' *American College of Foot and Ankle Surgeons scoring scale module 1 First Metatarsophalangeal Joint and First Ray* se sont améliorés de 49.4 à 78.9 (**Graphique 32**) et (**Graphique 33**).

Tableau 12 : Amélioration globale des paramètres radiographiques mesurés :

Angles	Préopératoire		Post-opératoire	
	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
HVA	31.18°	5.96	12,82°	2.27 P <0.01
IMA	16.35°	3.32	8,34°	2,02 P <0.01
DMAA	15.76°	7,08	6,66°	3,82 P <0.01
DM2AA	7.05°	6.46	4,03°	5,10 p=0.05
AD	22,19°	4,56	22,06°	4,66 p=0.289
M1M5	32.15°	5.26	22,61°	4.19 P <0.01

N=62

AD : angle de déclinaison de M1 (radio de profil) (16-24°).

DMAA : angle articulaire distal de M1(L'angle DMAA moyen est autour de 6 à 8°)

DM2AA : angle entre la surface articulaire distale de M1 et la perpendiculaire à l'axe diaphysaire de M2 (valeur normale est de 0° ± 5°)

M1-M5 : angle d'étalement de la palette métatarsienne du pied (20° en moyenne)

8.2.1 Correction des angles HVA et IMA :

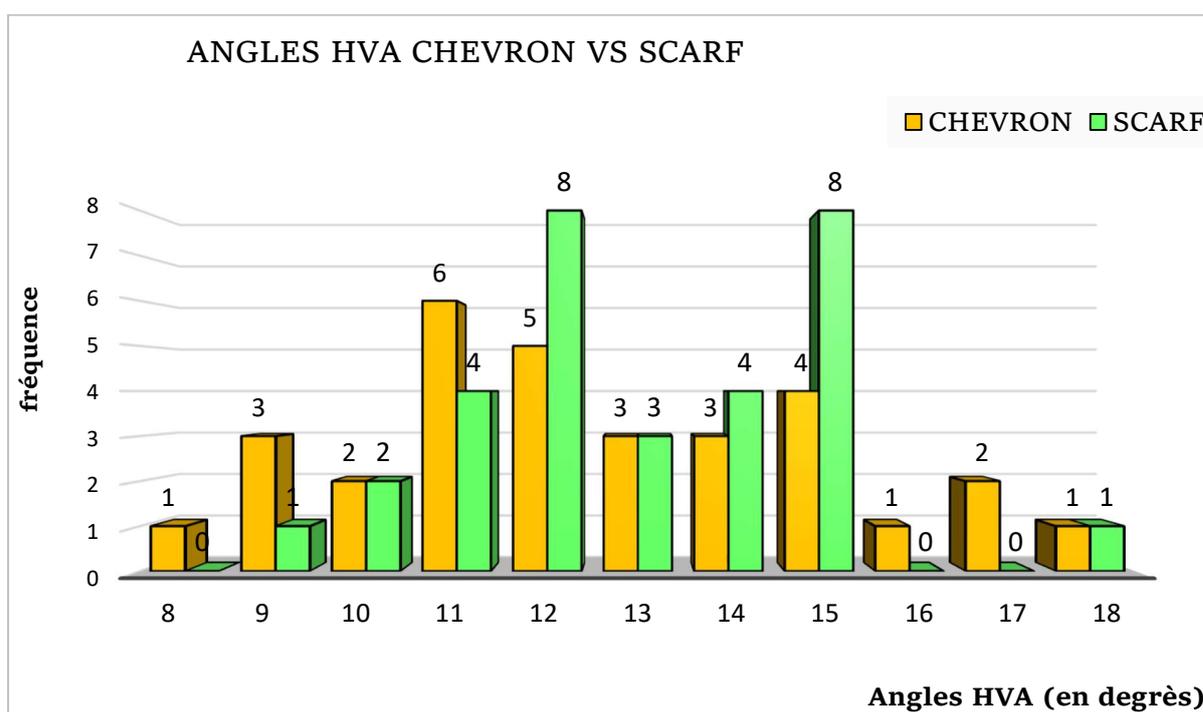
Les deux ostéotomies en Scarf et Chevron ont données des résultats de correction angulaires presque égales en ce qui concerne les angles HVA et IMA ; mais avec un pouvoir correcteur légèrement meilleur pour la technique *Scarf*.

En effet après ostéotomie *en Chevron* la moyenne obtenue de l'angle HVA

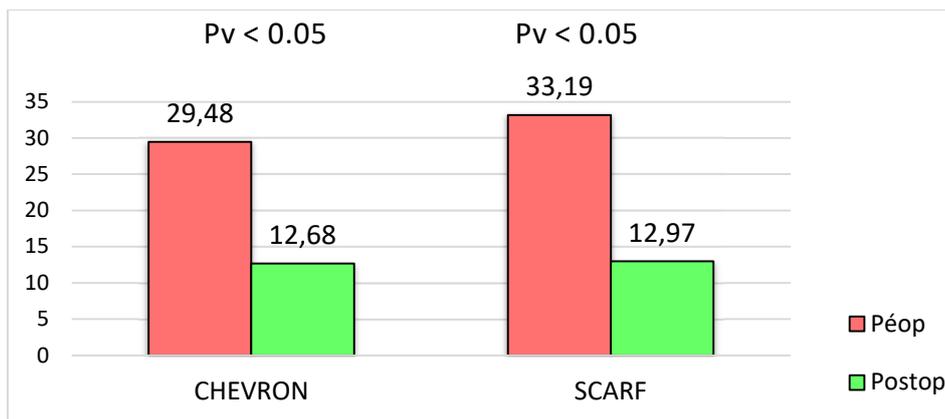
: était de 12.68 ± 2.54 (pourcentage d'amélioration = 57.02%)

contre 12.97 ± 1.99 (% d'amélioration = 60.54%) pour l'ostéotomie *en Scarf* ;

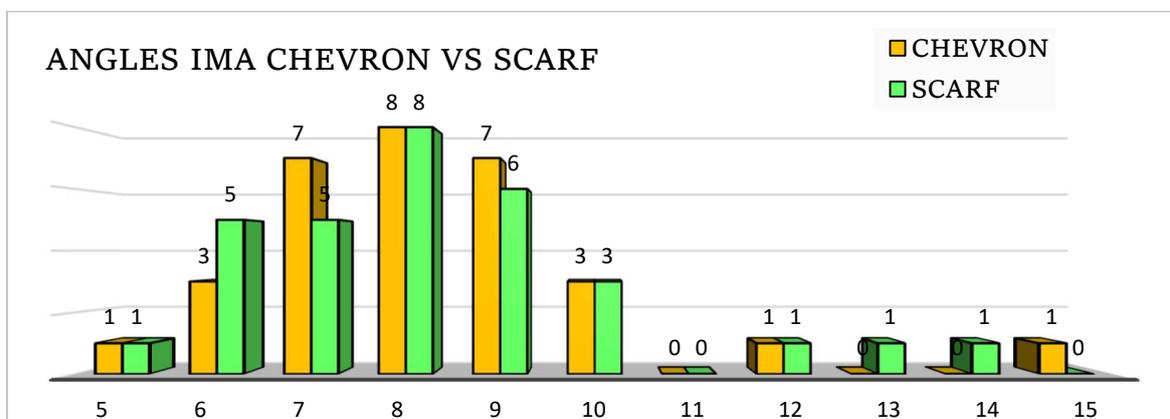
Et la moyenne de l'angle IMA obtenue était de $8,39 \pm 2,01$ (46.17%) pour le *Chevron* contre $8,29 \pm 2,05$ degrés (51.61%) pour le groupe *Scarf* (**Graphique 25 et Graphique 26**).



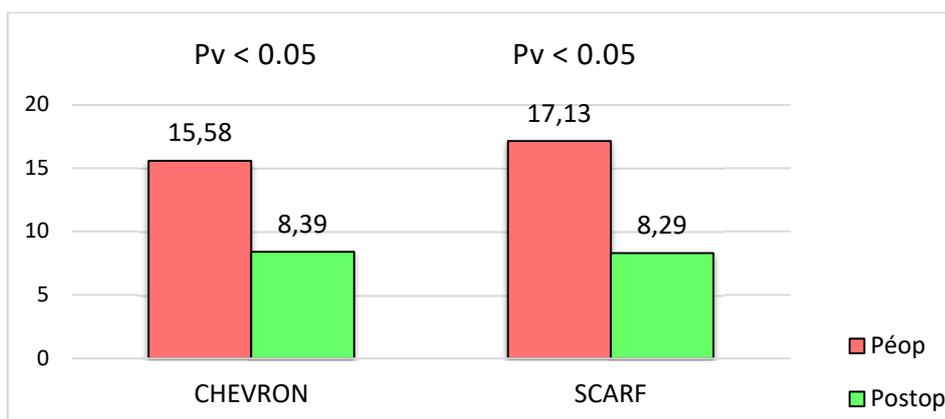
Graphique 24 : Résultat des corrections angulaires de l'Hallux valgus (HVA) dans les 02 groupes



Graphique 25 : comparaison de la correction de l'angle HVA des deux groupes Scarf et Chevron ($Pv=0.000$)



Graphique 26 : Résultat des corrections angulaires du metatarsus varus (IMA) dans les 02 groupes



Graphique 27 : comparaison de la correction de l'angle IMA des deux groupes avant et après chirurgie ($Pv=0.000$)

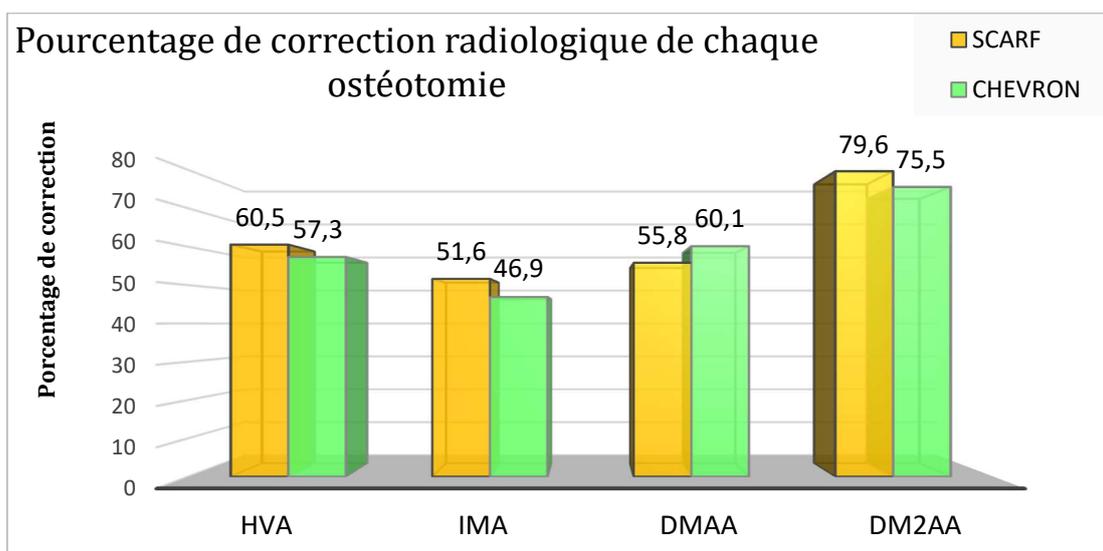
8.2.2 Correction des angles DMAA, DM₂AA, AD, M₁M₅

L'étalement de la palette métatarsienne mesuré par le changement de l'angle *M1M5* s'est aussi amélioré parallèlement à l'angle IMA : de **32.7 degrés** en préopératoire à **23.5 degrés** postopératoire après *Chevron* contre : **31.6 degrés** à **21.8 degrés** après *Scarf*.

Le *DMAA* s'est nettement amélioré aussi dans le groupe *Scarf* (6.52 ± 2.91) par rapport au groupe *Chevron* (7.74 ± 3.16).

Le *DM₂AA* obtenu après ostéotomies est revenu presque similaire dans les deux groupes (**1.84 degrés**) avec un pourcentage de correction discrètement meilleur dans le groupe *Scarf* (**79.6 %** après *Scarf* contre **75.5 %** après *Chevron*) (**Graphique 28**).

L'angle de déclinaison du premier métatarsien (*AD*) n'a pas changé aussi dans les deux groupes avant et après chirurgie (22.19 ± 4.59 degrés à 22.06 ± 4.70) ce qui veut dire qu'il n'y a pas eu de relèvement ni abaissement notables du premier rayon après chirurgie (**Tableau 12**).



Graphique 28 : Pourcentage de correction radiologique de chaque ostéotomie

Tableau 13 : comparaison de la correction de l'angle DMA_{2A} et $DMAA$ des deux groupes Scarf et Chevron

		Moyenne	Écart type
Scarf	DMAA2	9,00	7,389
	DMAA2 PO	1,84	2,410
	DMAA1	17,52	7,707
	DMAA1 PO	6,52	2,908
Chevron	Dmaa2	7,52	3,414
	DMAA2 PO	1,84	2,544
	DMAA1	14,00	6,006
	DMAA1 PO	7,74	3,162

Tableau 14 : Complications de la chirurgie de l'Hallux valgus

Complication	Scarf	Chevron
Peropératoires :		
. Fracture de M1	02	00
. Fracture de P1	01	02
. Effet tuile	03	00
. Vis céphalique trop longue	02	02
<hr/>		
Postopératoires précoces :		
. Thrombophlébite	00	01
. Souffrance des berges cutanées	03	04
. Œdèmes postopératoires	Oui	Oui
. Douleurs aiguës	Oui	Oui
. Infection superficielle ou profonde	00	00
<hr/>		
Postopératoires tardives :		
. Ostéonécrose tête M1 :	00	00
. Récidive de l'Hallux valgus :	03	06
. Hallux varus iatrogène :	00	00
. Metatarsus elevatus :	02	00
. Excès de pente métatarsienne :	00	00
. Douleurs séquellaires chroniques :	00	03
. Pied inesthétique :		
Pied grec (accourcissement excessif de M1)	01	00
Excès de rotation de l'Hallux (en supination)	00	01
Bascule latérale de la tête M1	00	01
. Migration ou débricolage du matériel d'O.S :	02	00
. Syndrome neuro-algodystrophique :	01	01
. La dégradation articulaire : Hallux rigidus :	00	01
. Raideur articulaire :		
Légère	11	14
Modérée à sévère	08	02
<hr/>		
Total	41	40
<hr/>		

DISCUSSION

9.1 Données épidémiologiques

- + La population de notre série n'était pas comparable aux populations de la littérature (12)(13) :
 - En termes d'âge : 37 ± 12 ans contre 54 ± 12 ans dans la population mondiale (117)
 - Et de sex-ratio H/F : 7/5 dans notre étude, contre 1/8 dans la population mondiale. En effet la prévalence de l'Hallux valgus chez la femme dans les études statistiques mondiales est plus grande , elle atteint 38 % contre 21 % chez l'homme (13) (113).
 - Avec différence statistiquement significative entre les deux groupes Hommes /Femmes en fonction de l'âge ($P_{\text{value}}=0.001 \leq 0.05$) (**Graphique 29**).
- Ceci est principalement lié au type de recrutement des patients dans notre structure militaire, et qui est composé essentiellement de jeunes soldats de carrière (64.5% de nos patients avaient moins de 45 ans au moment de l'étude) (**Graphique 4**), et encore Actifs (97.2 % des Hommes étaient actifs contre 50 % des Femmes) au moment du recrutement (**Graphique 9**),(**Graphique 10**).
- Ainsi qu'au type de chaussage dur et indulgent que les troupes devraient garder tout au long de la journée, responsable de conflits métatarsiens révélateurs de cette déformation. En effet 88% des Hallux valgus chez les moins de 45 ans étaient des *déformations légères ou modérées* (**Graphique 6**) douloureuses avec gêne importante au chassage.



Graphique 29 : Comparaison entre l'âge des malades selon le genre.
Il existe une différence significative entre H/F selon l'âge.

Chez les patients de plus de 45 ans :

dans 95 % s'étaient des *Hallux valgus* modérés à sévères parmi lesquels : 85 % étaient des dames d'âge mur (mères de militaires en général ou des civiles autorisées dans le cadre de l'étude) qui recherchaient beaucoup plus à obtenir un pied esthétique et pouvoir porter occasionnellement des chaussures de soirées.

✚ Il est constaté aussi dans la littérature (118) (105) que l'*Hallux valgus* est un phénomène Bilatéral avec peu de différence entre le pied droit et le pied gauche (13). Dans notre série l'analyse des résultats montre que :

- L'atteinte bilatérale était dans 88.7 % des cas (55 pieds) correspondant à 41 malades, dont 07 malades ont été opérés des deux côtés (14 pieds = 22.6% de toute notre série).
- L'atteinte Unilatérale représentait 11.3 % (7 pieds) (6-30 % dans la littérature) (120)(116) **(Tableau 4)**.

Nos patients souffraient du pied gauche plus que le pied droit dans l'ensemble de la série, avec :

- *Hallux valgus* opéré du côté gauche dans 54.8 % des cas (34 pieds)
- *Hallux valgus* opéré du côté droit dans 45.2 % des cas (28 pieds) **(Graphique 8)**.

Et cela va de pair avec la littérature et les études biomécaniques (6)(58) qui décrivent le pied gauche (pied non dominant) comme le pied pilier le plus chargé, dédié à l'équilibre de la stabilité.

✚ En ce qui concerne le degrés de sévérité de l'Hallux valgus au moment du recrutement notre étude ne concorde pas avec les études dans la littérature :

- 77.4% des Hallux valgus recrutés chez nous étaient des HV modérés (27.2 % dans la littérature) (119)
- 16.1 % étaient sévères (6.5% dans la littérature) :
- Par contre ils n'existaient que 6.5% d'Hallux valgus léger parmi notre population (contre 66.3% dans la littérature)(119).

Ceci est expliqué par le fait que les patients consultent tard par rapport à l'évolution de la maladie, par méconnaissance ou par peur de se faire opérer à un stade précoce de la déformation, et ce n'est qu'après apparition des conflits avec les chaussures et l'installation des déformations en griffe des rayons latéraux que les patient commencent à s'inquiéter et vont consulter chez un orthopédiste.

9.2 Données cliniques et radiographiques

L'examen clinique et radiographique en pré opératoire a révélé que :

- 24 pieds avaient un *canon Grec* ce morphotype posait problème pour les INDEX MINUS (M1 court). En effet tout raccourcissement de M1 était dangereux car cela perturbait la parabole métatarsienne et aggravait le morphotype Grec en creusant la différence de longueur entre M1 et M2. Un geste sur le 2^e rayon était utile pour raccourcir M2 et harmoniser la parabole métatarsienne (ostéotomie de Weil dans 03 cas) (**Graphique 12**).
- 03 pieds avaient un *pied Carré*. Ce dernier a été retrouvé exclusivement dans le genre féminin (**Graphique 11**). Il était le canon qui donnait le moins de conflits avec la chaussure et le plus facile à réparer.

- l'étude de la longueur relative des métatarsiens entre eux a révélé que :
 - *L'INDEX PLUS* où le premier métatarsien est trop long, est retrouvé chez **09 cas** tous de *morphotype Égyptien (Graphique 12)*, ce qui a justifié un accourcissement de M1 lors des ostéotomies (Scarf ou Chevron) pour corriger l'index métatarsien (Maestro)(47)(68) et décharger le premier rayon trop long (source de récurrence d'Hallux valgus et de raideur postopératoire de la MTP₁).
 - *INDEX MINUS* est retrouvé chez 20 patients, dont 04 avaient un *canon Égyptien* donc M1 court et P1 trop long justifiant une ostéotomie d'Akin d'accourcissement diaphysaire (**04 cas**).

Pour l'évaluation fonctionnelle pré et post-opératoire (à partir de 18 mois après chirurgie), nous avons choisi le score ACFAS module1 (voir annexe), car il établit une cotation fonctionnelle clinique et radiologique du gros orteil et du premier métatarsien, et le score AOFAS (voir annexe) qui donne une bonne évaluation objective des résultats cliniques, prenant en compte l'alignement, la stabilité, et la mobilité du premier rayon ainsi que le chaussage, qui affectent le résultat final en cas d'insuffisance de correction.

Nos résultats recueillis (recul moyen de 42.7 mois), étaient comparables avec ceux de la littérature (**Tableau 15:A-B**) (110)(111)(112)(121) comme celles de :

- L'étude d'Ossama Elshazly et al. (110) : Égypte : *Scarf versus Long Chevron Osteotomies for the Treatment of Hallux Valgus: A Prospective Randomized Controlled Study : année 2018 : score ACFAS*
- L'étude de Ralph M. Jeuken et al. (121) : Pays-Bas : *Long-term Follow-up of a Randomized Controlled Trial Comparing Scarf to Chevron Osteotomy in Hallux Valgus Correction : année 2016 : Manchester-Oxford Foot Questionnaire (MOXFQ) et score AOFAS*
- L'étude de Devendra Mahadevan et al. (112): Angleterre : *Extended plantar limb (modified) chevron osteotomy versus scarf osteotomy for hallux valgus correction: A randomised controlled trial : 2015 : Manchester-Oxford Foot Questionnaire (MOXFQ)*

- L'étude de A.R. Deenik et al. (111) : Pays-Bas : Scarf versus Chevron
Osteotomy in Hallux Valgus: A Randomized Controlled Trial in 96 Patients: 2007 score AOFAS

Tableau 15. A : Comparaison entre différentes études internationales par rapports aux résultats radiographiques pré et post-opératoires (correction angulaires : A ; pourcentage d'amélioration : B)

	Notre étude		Mahadevan et al. (112)		Ossama Elshazly et al. (110)		A.R. Deenik et al. (111)		R.M. Jeuken (121)		
	CHEVRON	SCARF	CHEVRON*	SCARF	CHEVRON*	SCARF	CHEVRON	SCARF	CHEVRON	SCARF	
Données Préop.	HVA	29.5 ± 5.5	32.9 ± 6.0	32.3 ± 8.3	29.5 ± 7.6	32.5 ± 12.8	34.8 ± 13.42	30.4 ± 7.7	28.9 ± 7.7	30.7	29.5
	IMA	15.6 ± 3.1	17.1 ± 3.4	15.2 ± 3.1	14.3 ± 2.9	20.4 ± 3.5	18.5 ± 4.50	13.4 ± 3.2	12.8 ± 3.2	13.5	12.6
	DMAA	14 ± 6.0	17.5 ± 7.7	16.5 ± 5.3	16.6 ± 7.3	/	/	/	/	/	/
	AOFAS	52.9	45.52	/	/	/	/	48.4	47.4	48.5	47.2
	ACFAS	53.97	44.74	/	/	48.36	50.85	/	/	/	/
Données Postop.	HVA	12.6 ± 2.6	13.0 ± 2.0	14.3 ± 7.4	13.0 ± 7.6	8.9_1.8	10.1_5.1	17.2 ± 5.8	18.1 ± 5.7	17.1	19.5
	IMA	8.3 ± 1.9	8.3 ± 2.1	5.8 ± 2.5	6.9 ± 2.8	9.1_2.3	9.2_3.0	10.3 ± 1.9	9.9 ± 2.0	7.7	8.1
	DMAA	5.6 ± 3.4	7.7 ± 4.0	8.5 ± 5.4	7.3 ± 5.5	/	/	/	/	/	/
	AOFAS	82.7	83.4	/	/	81.78	80.1	89.0	91.2	87.5	91.0
	ACFAS	78.1	79.6	/	/	69.1%	57.5%	/	/	/	/

Tableau 16.B : comparaison du pourcentage d'amélioration

NOTRE ÉTUDE	CHEVRON SCARF	CORRECTION HVA	%	CORRECTION IMA	%	CORRECTION DMAA	%
		16.9° 19.9°	57.33 % 60.54 %	7.32° 8.84°	46.98 % 51.61 %	8.42° 9.78°	60.14 % 55.82 %
Devendra Mahadevan Et al.(112) 2015	CHEVRON*	18°	55.73 %	9.4°	61.84 %	8°	48.48 %
	SCARF	16.5°	55.93 %	7.4°	51.75 %	9.3°	56.02 %
Ossama Elshazly Et al.(110) 2018	CHEVRON*	23.64°	67.52 %	11.27 °	54.65 %	/	/
	SCARF	24.71°	67.65 %	9.24 °	47.40 %	/	/
A.R. Deenik Et al.(111) 2007	CHEVRON	13.2°	43.42 %	3.1°	23.13 %	/	/
	SCARF	10.8°	37.37 %	2.9°	22.66 %	/	/
R.M. Jeuken (121) 2016	CHEVRON	13.6°	44.3 %	5.8°	42.9 %	/	/
	SCARF	10°	33.9 %	4.5°	35.7 %	/	/

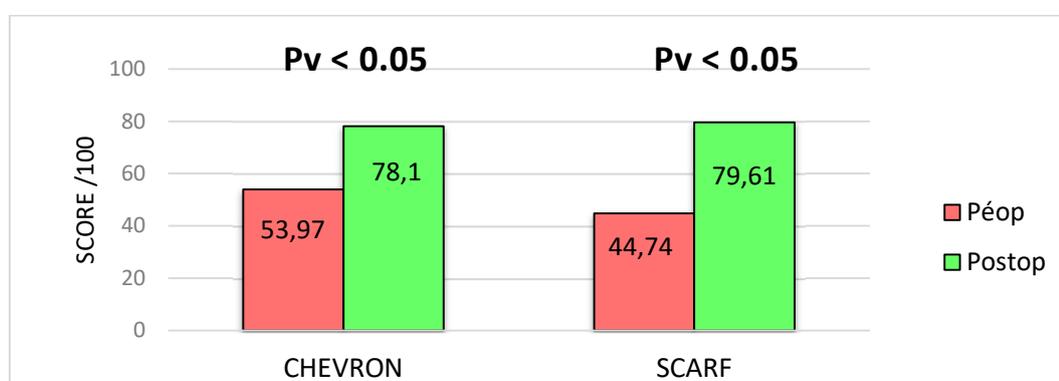
* : Chevron modifié (à long trait plantaire)

% : pourcentage de correction : le pourcentage de correction des paramètres radiographiques obtenu par chaque ostéotomie (pourcentage de correction = amplitude de la correction angulaire en degrés [angle préopératoire angle post-opératoire] ÷ déformation angulaire préopératoire en degrés)

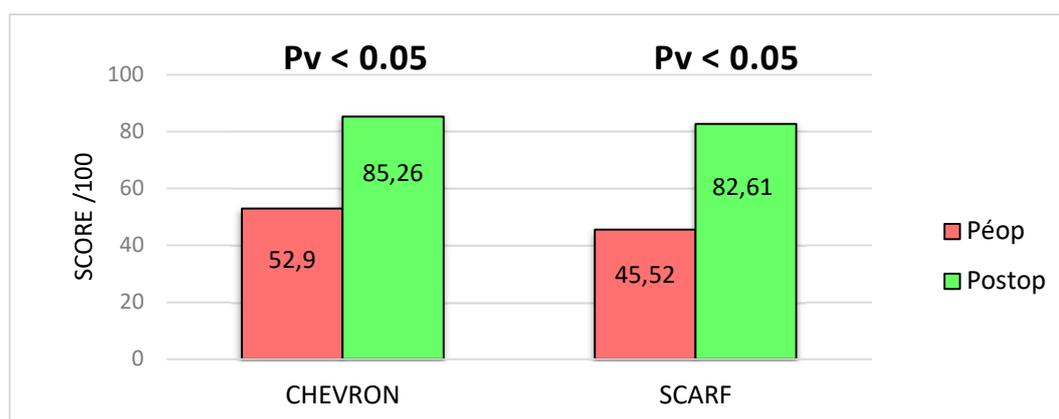
* : Chevron modifié (à long trait plantaire)

✚ L'étude a démontré que les deux ostéotomies *Scarf* et *en Chevron* étaient relativement similaires dans leur capacité à corriger la déformation de *l'Hallux valgus* et ont donnés des **résultats cliniques** bons à excellents et une différence statistiquement significative avant et après chirurgie (**Graphique 30**) et (**Graphique 31**):

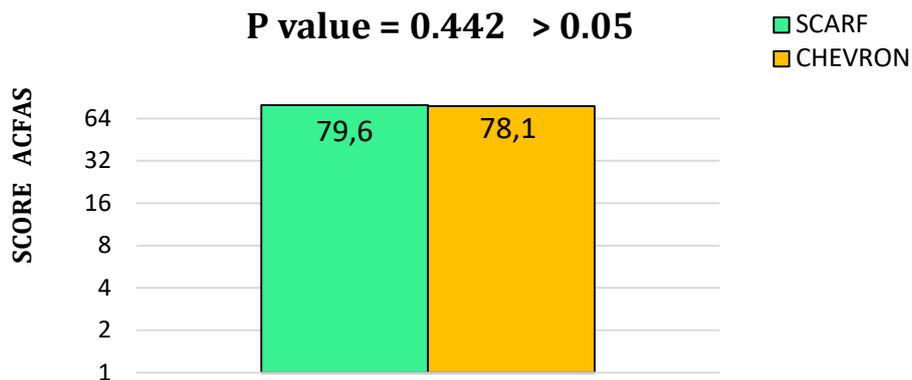
- Score AOFA : Scarf/Chevron **82.6 /85.3** points sur 100
- Score ACFAS : Scarf/Chevron **79.6 /78.10** points sur 100



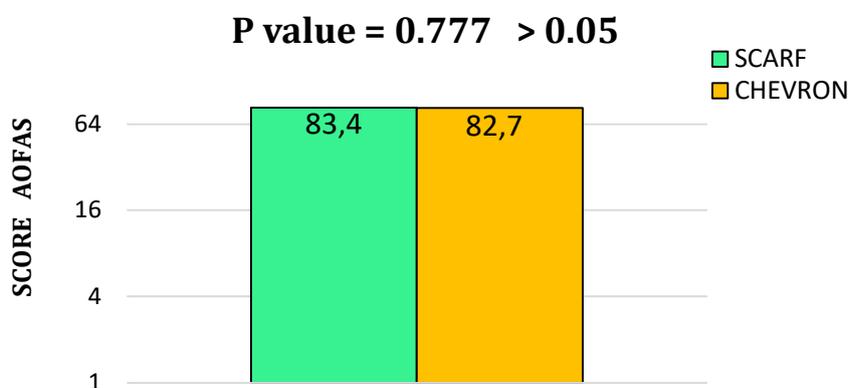
- **Graphique 30** : comparaison du score ACFAS des deux groupes avant et après chirurgie ($Pv=0.000$)



- **Graphique 31** : comparaison du score AOFAS des deux groupes avant et après chirurgie ($Pv=0.000$)



Graphique 32 : comparaison de la moyen du score ACFAS postopératoire obtenue dans les deux groupes (pas de différence significative entre Scarf et Chevron Pv > 0.05)



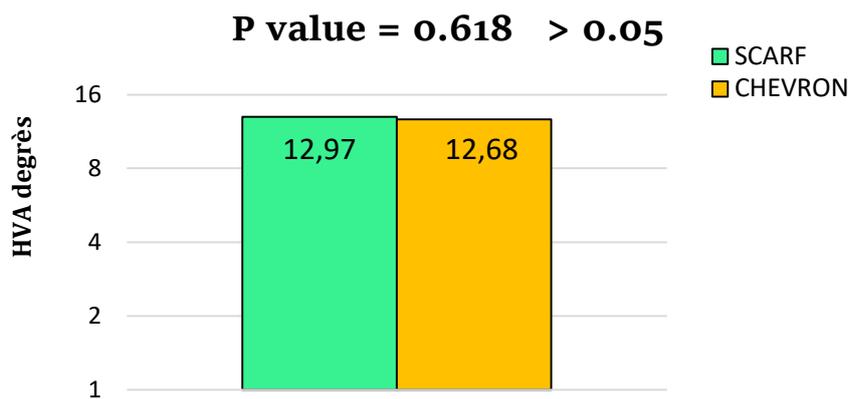
Graphique 33 : comparaison de la moyen du score AOFAS postopératoire obtenue dans les deux groupes (pas de différence significative entre Scarf et Chevron Pv > 0.05)

✚ et avec une nette amélioration radiologiques : (Graphique 34-35-36) (Tableau 9) (Tableau 13)

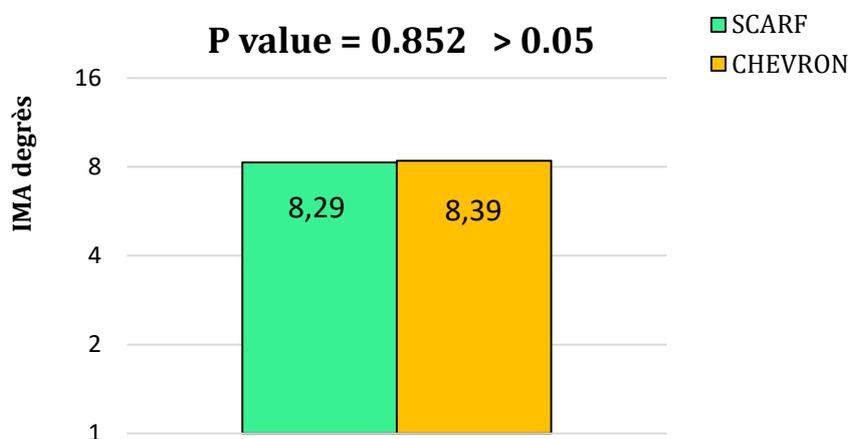
- Angles HVA Scarf/Chevron : **12.97/12.68** degrés (Pv= 0.618)
- Angles IMA Scarf/Chevron : **8,29 /8,39** degrés (Pv=0.852)
- Angles DMAA Scarf/Chevron : **6.52/7.74** degrés (Pv=0.117)

et sans qu'il y'est de différence significative entre les résultats des deux sexes

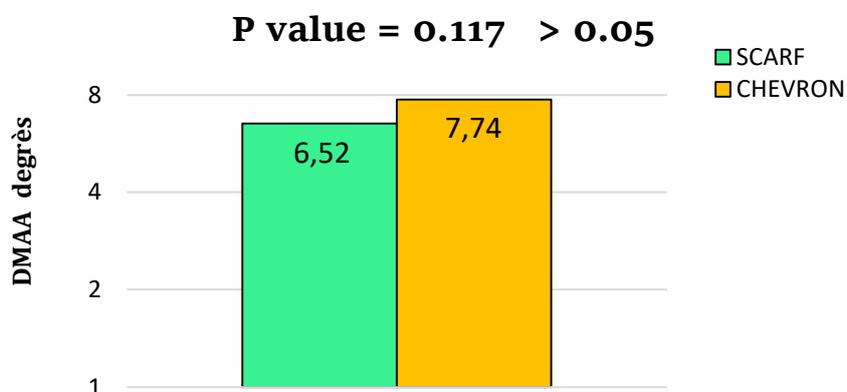
(Pvalue >0.05) : (Graphique 37).



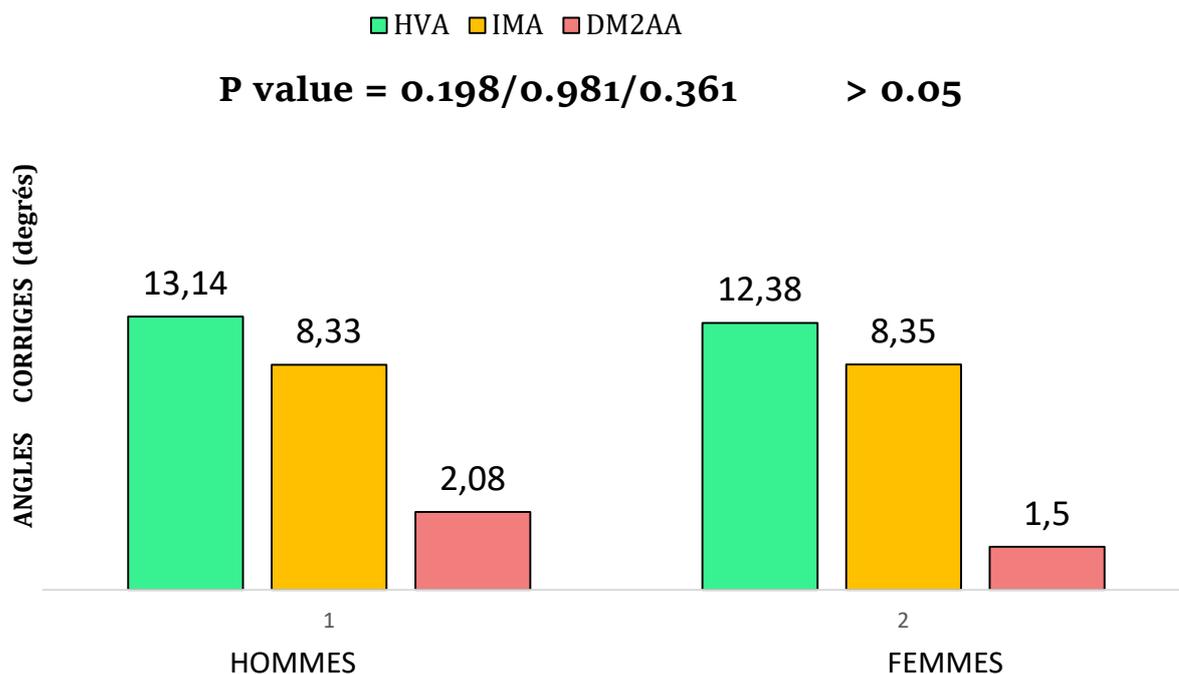
Graphique 34 : comparaison de la moyen de l'angle HVA postopératoire obtenue dans les deux groupes (pas de différence significative entre Scarf et Chevron $Pv > 0.05$)



Graphique 35 : comparaison de la moyen de l'angle IMA postopératoire obtenue dans les deux groupes (pas de différence significative entre Scarf et Chevron $Pv > 0.05$)



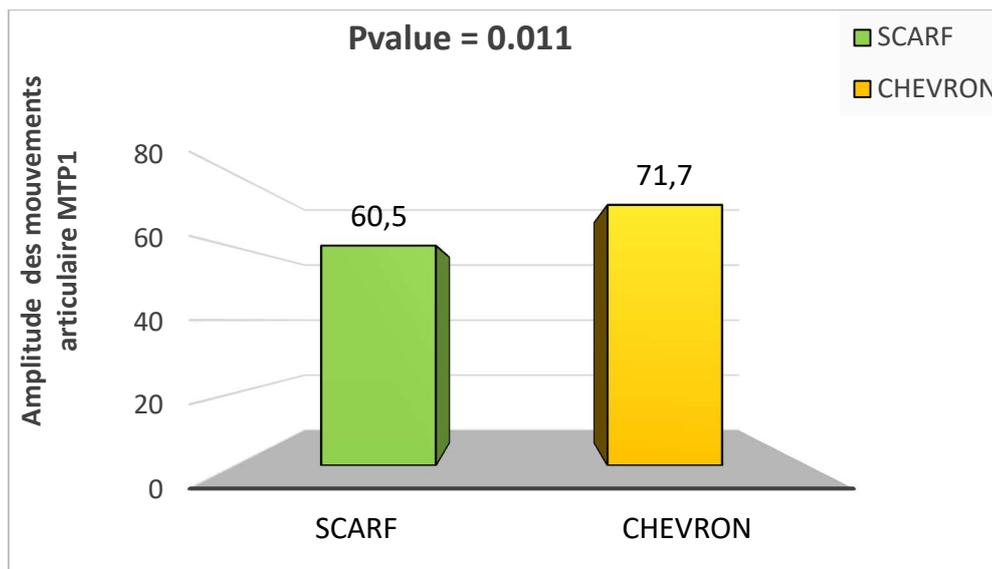
Graphique 36 : comparaison de la moyen de l'angle DMAA postopératoire obtenue dans les deux groupes (pas de différence significative entre Scarf et Chevron $Pv > 0.05$)



Graphique 37 : comparaison des résultats radiographiques entre Hommes et Femmes (pas de différence significative entre les deux sexes $P_v > 0.05$)

- ✚ Néanmoins, nous avons retrouvé moins de complications peropératoires avec l'ostéotomie en *Chevron* notamment lors du déplacement (réduction) des fragments métatarsiens et pendant l'ostéosynthèse :
 - Fracture de M1 : **02 cas** pour le Scarf / **00** pour le Chevron
 - Effet tuile : **03 cas** pour le Scarf / **00** pour le Chevron
- ✚ avec une légère difficulté technique (subjective) et une plus longue courbe d'apprentissage avec la technique du Scarf.
- ✚ Sur le (**Graphique 38**) la mobilité de MTP1 en flexion plantaire et dorsale est diminuée en postopératoire pour les deux groupes avec différence significative entre chevron et scarf : $P_{value} = 0.011 \leq 0.05$.

Les raideurs articulaires (modérées à sévères) étaient en effet plus nombreuses après le *Scarf* par rapport au *Chevron* (**08 cas / 02 cas**) (**Tableau 14**).



Graphique 38 : comparaison entre les deux groupes en termes de mobilité post-opératoire de la 1^{re} métatarsophalangienne (N=105°-120°) **Pv = 0.011 ≤ 0.05**

✚ Par contre l'efficacité du Scarf était meilleure en termes de:

Correction du valgus phalangien et du Metatarsus varus :

Pourcentage de correction de l'angle HVA : Scarf/ Chevron = **60.54%/57.02 %** ;

Pourcentage d'amélioration de l'IMA Scarf/Chevron = **51.61/46.17 %**

Récidive de la déformation (**03** après Scarf/ **06** après Chevron).

✚ Nous avons remarqué aussi que la qualité de vie s'améliorait de manière significative après une chirurgie de l'Hallux valgus et qu'elle était fortement corrélée avec le pourcentage d'amélioration des scores fonctionnels (score AOFAS et ACFAS), mais qu'elle peut être indépendante des degrés de correction angulaire obtenues. Des raideurs articulaires de la 1^{re} métatarsophalangienne et des douleurs chroniques résiduelles sous la tête de M1 ont été retrouvés chez des patients dont l'amélioration radiographique était spectaculaire (**Tableau 14**).

✚ Enfin en termes financiers, l'ostéotomie en *Chevron* était une procédure moins coûteuse puisqu'elle a nécessité une consommation moindre d'implants (une seule vis) par rapport à l'ostéotomie *Scarf* (deux vis métatarsiennes) dans notre série avec un temps opératoire plus court (**Graphique 22**)(**Tableau 9**)(**Tableau 14**).

L'*angle DMAA* qui reflète la bascule de la surface articulaire de la tête de M₁ a eu une valeur qui est directement corrélée à l'*angle HVA*. La valeur absolue du *DMAA* souvent élevée ne permettait donc pas d'évaluer l'indication de dérotation de la tête de M₁ ; en effet le calcul d'une bascule de surface articulaire sur un axe métatarsien dévié en varus paraît laborieuse. Par contre la mesure de l'*angle DM₂AA* qui correspond à l'angle entre la tangente de la surface articulaire de la tête de M₁ par rapport au perpendiculaire de l'axe diaphysaire de M₂ paraît plus simple ; le but opératoire était d'obtenir un parallélisme articulaire des surfaces de M₁ et M₂.

Dans notre série cet angle (*DM₂AA*) a été correctement amélioré dans les deux groupes (**Tableau 12 et Tableau 13**).

La résection d'un coin à base médiale du fragment capital dans *le Chevron* et dans le trait distal *du Scarf* a permis de corriger l'*inclinaison de la surface articulaire distale de M₁* de façon presque similaire (**Tableau 9**) :

- *DM₂AA* après *Chevron* : **1.84 ± 2.54** degrés avec pourcentage d'amélioration estimé à **75.53%**.
- *DM₂AA* Après *Scarf* : **1.84 ± 2.41** degrés avec pourcentage d'amélioration estimé à **79.55%**.
- *Le DMAA* s'est nettement amélioré aussi (**Tableau 13**) :

Dans le groupe *Scarf* (**6.52 ± 2.91**) par rapport au groupe *Chevron* (**7.74 ± 3.16**).

✚ *La nécrose avasculaire de première la tête métatarsienne (107)* n'a pas été observée dans notre série, ceci grâce au respect de l'anatomie vasculaire notamment du manchon capsulaire plantaire du col de M₁ dans la voie d'abord

médiale et pendant les coupes plantaires du trait de Chevron (*plexus vasculaire métatarsien plantaire*) et lors des releases latérales (pédicule supérolatéral) dans les deux techniques *Scarf* et *Chevron*.

9.2.1 L'ostéotomie Scarf :

C'est une ostéotomie longue dans laquelle la coupe longitudinale diaphysaire doit être parallèle à la face plantaire de M1 afin de conserver un solide mur latéral dans les deux fragments dorsal et plantaire seul garant un déplacement latéral correcte (correction) et qui peut être poussé jusqu'aux deux tiers de la largeur métatarsienne.

Les coupes transversales dorsale et plantaire du *Scarf* doivent être dans le spongieux métaphysaire pour éviter *l'effet tuile* lors des déplacements et pendant l'ostéosynthèse ; c'est un autre phénomène indésirable exclusif des ostéotomies *Scarf*, qui se produit lorsque les corticales se coincent dans l'os spongieux. Cela peut entraîner une élévation du premier rayon ou une rotation du métatarsien : observé **dans 03 cas**.

En plus les coupes transversales doivent être parallèles, sinon l'ostéotomie ne pourra pas se déplacer aussi loin qu'il est programmé, ce qui compromettra la correction.

L'espace intermétatarsien entre le premier et le deuxième métatarsien est plus étroit en proximal à mesure que les métatarsiens convergent. Cela pourrait potentiellement réduire l'ampleur de la translation latérale dans l'ostéotomie *Scarf* car la corticale latérale du fragment déplacé peut venir buter sur le deuxième métatarsien en position proximale ce qui vient limiter le pouvoir correcteur de l'IMA. Pour remédier à cet obstacle anatomique :

- Il faut faire pivoter latéralement le fragment plantaire (rotation médiale dans le plan transversal), mais cela entraînerait une augmentation indésirable de la *DMAA* ;
- Retailer en « queue de biche » le bout proximal du fragment plantaire ;

- Ou réaliser un *Scarf court* chose qui limite la surface de contact des fragments déplacés et risque de créer un effet tuile car la coupe proximale se fera en zone diaphysaire.

9.2.2 *L'ostéotomie en Chevron :*

Il s'agit d'un Chevron distal du premier métatarsien contrairement au *Scarf* qui comprend un double Chevron proximal et distal. Le dessin en V à 60 degrés du trait Chevron ne laissait pas de place au bon contact interfragmentaire (**Fig.60**).

Il pourrait être amélioré par allongement de la branche plantaire *en L inversé* ; pour une plus grande stabilité (meilleur contact entre le fragment capital et le fragment proximal, quel que soit le degré de déplacement), un moindre risque vasculaire (le trait plantaire vient se terminer en zone diaphysaire laissant le paquet vasculaire plantaire attaché au fragment capital), et une meilleure maniabilité

Pour plus de stabilité dans la technique *du Chevron* : l'exostosectomie ou *bunio-nectomie médiale* doit être réalisée après ostéotomie métatarsienne et déplacement du fragment céphalique en latéral ; en effet cet excès d'os peut être bénéfique après translation fragmentaire pour augmenter le contact osseux, l'excès restant sera retaillé dans un second temps de façon économique.

il faut toujours insister sur l'ostéosynthèse longtemps négligée , en effet aucune fixation n'a été mentionnée au début de l'introduction de la technique (118). Il a été suggéré que la forme de l'ostéotomie et l'impaction du fragment de capital spongieux dans la diaphyse du premier métatarsien fournissaient une stabilité suffisante pour renoncer à une fixation.

D'autant plus que la libération latérale des tissus mous ne faisait pas parti de la technique car elle augmenterait l'instabilité de la coupe métatarsienne distale et le risque d'ostéonécrose avasculaire de la tête M1 (106). A savoir que cette libération latérale effectuée seule améliore l'IMA de 05° sans geste osseux, et augmente ainsi le pouvoir correcteur de l'ostéotomie en Chevron dont le degré

de déplacement est limité théoriquement à 50% de la largeur de la tête de M1 (123)(98) (122).

Ainsi une fixation stable et solide l'ostéotomie du chevron est devenue nécessaire avec une vis de type Herbert ou Barouk, parfois avec deux vis si nécessaire (**Fig.87**) (si grand déplacement est nécessaire, dépassant les 50% de largeur métaphysaire)

Il faut toujours insister sur l'importance du respect des insertions capsulaires céphalique, véritables lames porte-vaisseaux en dorsal et surtout en plantaire, pour éviter l'ostéonécrose avasculaire de la tête métatarsienne, complication redoutable rattaché souvent au Chevron surtout si la release latérale associée était laborieuse et imprudente.

Les deux principales complications retrouvées en post opératoire étaient la douleur au chaussage et la raideur articulaire (MTP₁ ET IP) (119)(120).

9.2.3 *L'ostéotomie d'Akin :*

de la phalange proximale est le dernier temps après la libération latérale et l'ostéotomie du premier métatarsien. Il a été réalisée chez tous nos patients pour une correction adéquate de la déformation et pour ne pas créer un facteur de confusion et d'erreur de calcul si elle aurait été utilisée que dans quelques cas seulement.

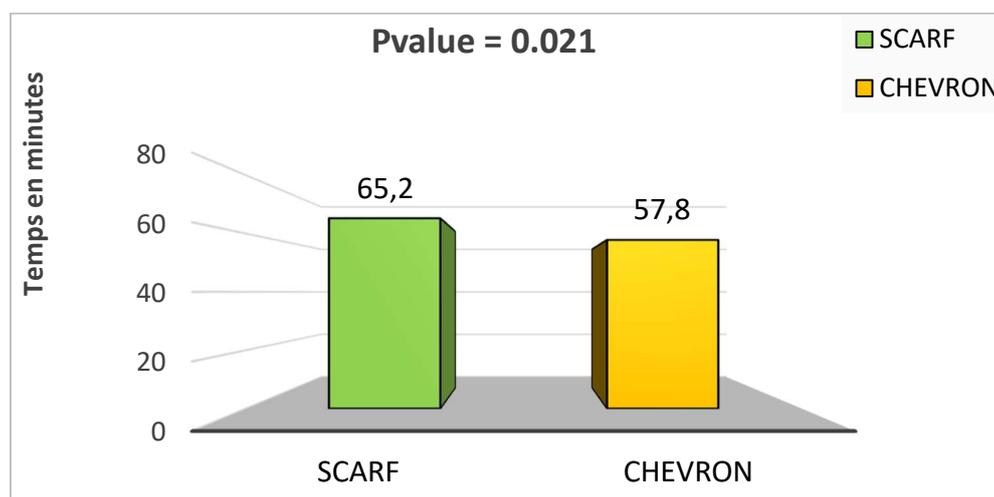
En effet cette *ostéotomie phalangienne basale de varisation et dérotation*, a permis d'améliorer le résultat anatomique par la correction du valgus interphalangien associé (le valgus IP représente près de 28 % du valgus global MTP₁ (2)) et de la pronation accentuée du gros orteil, d'obtenir une bonne congruence articulaire et de diminuer le risque de récurrence (hypocorrection) en recentrant les forces extrinsèques qui participent à l'équilibre des forces autour de la MTP₁.

Le raccourcissement phalangien éventuel (**04 cas**) a permis une décompression articulaire très favorable devant un pied Égyptien associé à un index métatarsien correcte pour lutter contre la raideur articulaire postopératoire .

Si elle ne peut suffire à elle seule à la correction de l'Hallux valgus, son association à une correction du *metatarsus varus* et à une arthrolyse métatarso-phalangienne latérale est à l'origine de la satisfaction précoce des patients après chirurgie. Ainsi Nous confirmons le dicton de Barouk « *l'Akin est la cerise sur le gâteau* » (2) (36).

9.2.4 La durée du temps opératoire :

Elle était plus courte dans l'ostéotomie en Chevron (57.8 minutes) par rapport à la technique Scarf (65.2 minutes) avec une différence significative (Pvalue = $0.021 \leq 0.05$) (**Graphique 22**) (**Graphique 39**).



Graphique 39 : comparaison du temps opératoire dans les deux techniques ($Pv \leq 0.05$)

Ceci peut être expliqué par le fait que le Scarf est en réalité un “double Chevron” proximal et distal et que l'ostéosynthèse ici exige un double vissage proximal diaphysaire et distal céphalique. Aussi l'étape opératoire de réduction des fragments osseux et de fixation par davier était très difficile et prenait plus de temps avec survenue d'incidents comme l'impaction des deux fragments (effet tuile) chez les sujets âgés ostéoporotiques. Chez les Femmes souvent avec des métatarsiens fins, la survenue de fractures ou de fissures osseuses au moment du

méchage ou du vissage du segment diaphysaire de l'os est notée dans la littérature et prolongeaient ainsi le temps opératoire (76)(100).

En effet nous avons eu une fracture du fragment diaphysaire dorsal lors de l'ostéosynthèse (en fin de serrage des vis) chez **02** patientes la première une vieille dame souffrant d' Hallux valgus sévère et d'ostéoporose, la seconde une jeune dame qui avait un fin métatarsien ; prolongeant ainsi le temps opératoire de quelques minutes.

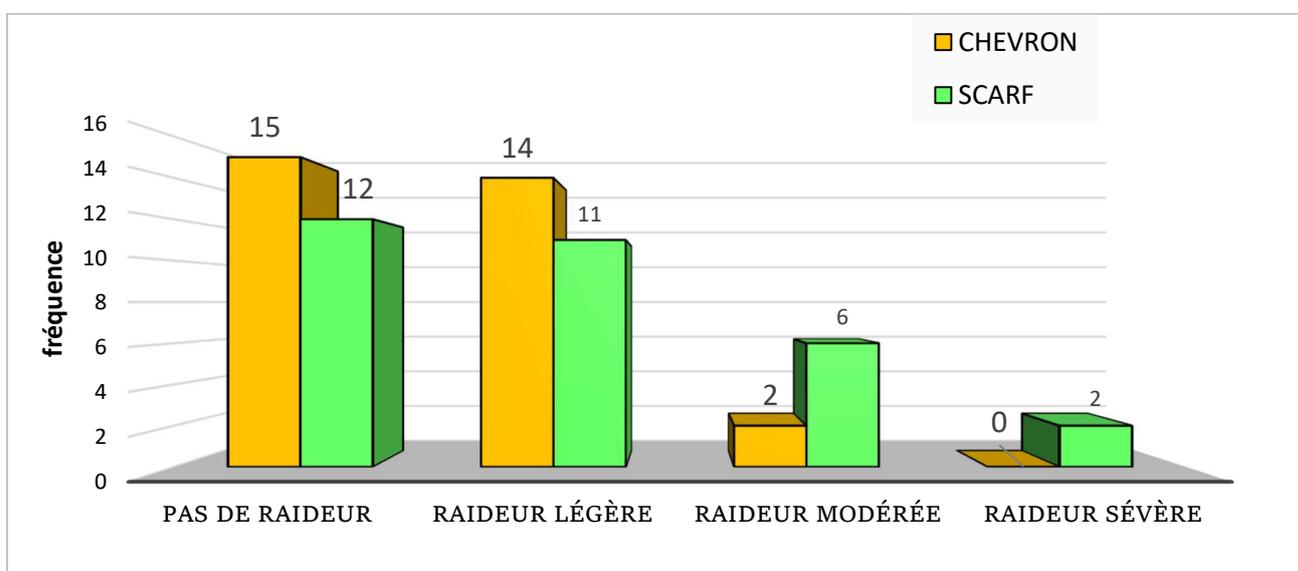
✚ En ce qui concerne la douleur il s'agissait de petites douleurs occasionnelles avec activité quotidienne normale chez 39 cas (20 après Chevron et 19 après Scarf) (**Graphique 14**), seulement 03 cas du groupe Chevron ont gardé des douleurs chroniques modérées sous la tête de M₁ sans expression radiographique d'ostéonécrose de la tête métatarsienne et qui ont nécessité un chaussage adapté de confort. Il s'agissait des premiers cas opérés probablement suite une exostosectomie trop généreuse empiétant sur le cartilage articulaire ou après un vissage trop proche de l'articulation (vis trop longue), voire un défaut d'accourcissement après alignement de M1 (pied égyptien, index plus) créant une hyperpression et surcharge de la métatarsophalangienne.

✚ Pour les raideurs articulaires retrouvée en postopératoire et qui représentaient **56.5** p. cent des cas, contre **29** p. cent en préopératoire (**Graphique 19**) : seulement **16.1** % étaient inquiétantes (raideurs modérées : 02 cas après Chevron et 06 cas après Scarf + raideurs sévères : 02 cas post Scarf) (**Graphique 40**).

Un lavage soigneux de l'articulation après la réalisation des différentes ostéotomies et une décompression articulaire systématique par raccourcissement métatarsien ou phalangien dans les pieds à canon Égyptien; une capsuloplastie réalisée en position de flexion plantaire de la MTP₁ ; permettraient certainement d'éviter l'enraidissement douloureux de la première métatarsophalangienne. Sans pour autant négliger le rôle primordial de la rééducation fonctionnel précoce et continue avec la participation effective du malade

(autoréducation) par la mobilisation continue des articulations du premier rayon et la marche dans le sable pied nus pour ceux qui ont accès aux plages.

- ✚ L'utilisation d'un seul chirurgien dans cette étude doit être prise en compte ; car elle a éliminé toute variabilité dans les résultats malgré que les techniques étaient standardisées.
- ✚ Enfin il faut retenir que les mauvais résultats sont à rapprocher aussi à la courbe d'apprentissage inhérente à toute nouvelle technique opératoire.



Graphique 40 : Fréquence des raideurs postopératoires après CHEVRON et SCARF

9.3 Analyse des échecs et des complications

L'analyse des échecs et des complications opératoires (76)(100) nous a permis de mettre en lumière certains points à prendre en considération dans la chirurgie de l'Hallux valgus, comme :

- l'intérêt de l'examen psychique et les traits de personnalité du patient dont la contribution au processus de guérison est primordial ;
- l'intérêt d'une analyse rigoureuse du désordre anatomique locorégionale du pied à opérer (bilan clinique et radiographique),
- l'intérêt d'une asepsie rigoureuse avec vérification de l'état de stérilisation du matériel chirurgical.

- l'intérêt de réaliser de façon séquentielle la libération latérale avec contrôle radiologique par fluoroscope après chaque temps osseux.

Les complications rencontrées étaient liées à l'état précaire de la vascularisation cutanée et osseuse, à l'ostéosynthèse, à l'inexpérience du chirurgien, au non-respect des soins post-opératoires, et l'absence d'implication du patient dans la prise en charge de sa propre maladie (autorééducation).

9.3.1 Complication peropératoires

Il s'agit de *fractures métatarsiennes* pendant le serrage de la vis diaphysaire proximale (ostéotomie Scarf) survenues chez **02** malades de sexe féminin avec un fin os métatarsien dont la largeur laisse peu de place aux vis après translation des fragments. L'évolution ayant nécessité une décharge plus prolongée avec port de chaussure de Barouk pendant 45 jours.

Nous avons eu aussi une *fracture de la première phalange de l'hallux* pendant l'ostéotomie d'Akin avec rupture de la charnière latérale chez **03** malades rendant l'ostéosynthèse instable. Une mise en décharge de l'avant-pied a permis ici aussi une consolidation sans défaut d'axes, mais dans un délais plus prolongé.

L'impaction des deux fragments métatarsiens ou « *effet tuile* » a été rencontré chez **03** patients ostéoporotiques d'âge avancé, lors de serrage du davier réducteur (exclusivement dans le Scarf) rendant l'ostéosynthèse difficile et prolongeant le temps opératoire.

Le méchage agressif, avec pose de vis capitales trop longue et *effraction articulaire* métatarsophalangienne est survenu chez **04** malades, mais vite rattrapé par une remise de vis plus courte.

Aucune lésion artérielle ou nerveuse graves ou section tendineuse non programmée (FHL-EHL) ou ligamentaire (LCL) n'a été observés dans notre série.

9.3.2 Complication postopératoires précoces

Nous rapportons **un seul cas** de *thrombophlébite* dans notre série et qui a été bien pris en charge en médecine interne (anticoagulation et bas de contention)

et ceci par la prescription systématique de *Lovenox* en dose préventive pendant 10 jours et la déambulation précoce avec chaussure à appui talonnier.

Au premier pansement on a remarqué des signes de *souffrance des berges cutanées* de la voie d'abord chez 07 patients qui souffraient d'œdème postopératoire important, dont 02 cas ont évolué vers une nécrose partielle superficielle des berges cutanées (ici les deux voies d'abords latérale pour la release et médiale pour l'ostéotomies ont été trop proches avec mise en tension de la peau après suture).

L'œdème postopératoire : ce n'est pas à proprement parler une complication. C'est un phénomène inévitable quel que soit la technique chirurgicale choisie. Ceci est habituel, la chirurgie est considérée comme une agression tissulaire. La lutte contre ce phénomène fait appel à l'application de froid (glaçage) à la mise en place d'un pansement semi-compressif ne prenant pas les orteils et à la surélévation du membre opéré le plus longtemps possible.

Il est rencontré chez tous les patients sans conséquences sur la cicatrisation des voies d'abords sauf pour les 07 cas sus-cités où il était important.

Douleur aiguë : elle a été présente chez presque tous nos patients ; secondaire à l'agression tissulaire, et/ou au pansement trop compressif, ou par irritation nerveuse. La prescription du glaçage, de la vitamine C, du magnésium, et surtout d'un traitement antalgique adapté selon la tolérance des patients s'est avéré efficaces. Les antalgiques périphériques du palier I comme le paracétamol et les anti-inflammatoires non stéroïdiens ont été largement suffisants chez nos patients. Les antalgiques opiacés faibles (Tramadol) du 2^e palier et les morphiniques du 3^e palier (Temgésic) n'ont été prescrits que chez une dizaine de malades anxieux et mal préparés à la chirurgie.

Aucun cas d'*infection superficielle ou profonde* n'a été rapporté chez notre population, en effet les mesures d'asepsie rigoureuse du temps de mise des champs

au pansement, les incisions cutanées sans décollement, le respect du temps opératoire planifié et l'antibioprophylaxie en bolus avant le gonflement du garrot pneumatique, ont largement aidés à ce résultat.

9.3.3 Complication postopératoires tardives

Aucun cas de *fracture postopératoire*, ou de *pseudarthrose* n'a été observé pendant la période de suivi de notre série. La prévention chez les sujets âgés à os fragile s'est adossée sur l'utilisation suffisamment prolongée de la chaussure de décharge de Barouk et du bandage de maintien de l'hallux en cas d'ostéoporose (64).

- *La raideur articulaire* : La raideur de l'articulation métatarsophalangienne demeure une des principales complications après chirurgie de l'Hallux valgus (10 à 20 % après les techniques de chirurgie à ciel ouvert (119)(122)). Cela étant dû aux plasties capsulaires médiales entraînant une diminution de l'amplitude articulaire de la métatarsophalangienne du premier rayon aux dépens de la flexion dorsale essentiellement ; et l'absence de participation active du malade au programme de rééducation fonctionnel.

Dans notre étude nous avons noté **25 cas** de *raideurs légères* qui ont vite disparues après rééducation fonctionnel ; **08 cas** de *raideurs modérées* (06 après Scarf et 02 après Chevron) et **02 cas** de *raideurs sévères* dans le groupe Scarf (**Graphique 40**).

- *L'ostéonécrose avasculaire de la tête métatarsienne* ; complication redoutable, n'a pas touché nos sujets opérés dans les deux groupes Scarf et Chevron. Ceci grâce au respect de l'anatomie vasculaire du premier rayon lors des différents temps de la chirurgie que ce soit lors de la libération latérale du nœud fibreux, ou des différentes ostéotomies métatarsiennes et phalangiennes (107) (121).
- *Les déformations secondaires* : Il s'agit principalement de :

RECIDIVE D'HALLUX VALGUS chez **09** ce qui représente 14.5 % de toute notre série (2.7% à 16% dans la littérature (121)(122)), d'apparition progressive malgré que

le contrôle radiologique peropératoire fût correct : **06** pieds du groupe Chevron ; **03** pieds du groupe Scarf.

La fréquence de cette complication est variable selon les auteurs ; pour Groulier () la récurrence est définie comme un angle HVA supérieur à 20° et IMA supérieur à 15°.

Les radiographies de contrôle consécutives ont montré une *malposition du sésamoïde latéral*, qui est resté toujours visible dans l'espace intermétatarsien et qui est expliqué par une *release latérale insuffisante*, rencontré dans les premiers patients opérés (rentrant dans le cadre de courbe d'apprentissage inhérente à toute nouvelle technique opératoire) et chez une patiente opérée des deux pieds et qui présentait une hypermobilité du premier rayon et une forme ronde de la tête du premier métatarsien : facteur d'instabilité métatarsophalangienne et de récurrence connu.

. *DE METATARSUS ELEVATUS* : rencontré dans les cas qui ont eu un *effet tuile* (**02 cas /3**) avec impaction des fragments métatarsiens et comme conséquences : des légères métatarsalgies de transfert vite calmées par la rééducation et le chaussage adapté et un « dorsal bunion » de la tête de M₁ sans répercussion fonctionnelle ;

. Nous n'avons pas enregistré d'*Hallux varus iatrogène* dans notre série ;

. Aucun cas d'excès de varisation de P1 (Akin) ;

. Aucun cas d'excès de pente métatarsienne ;

- **01** dégradation articulaire avec installation d'un *Hallux rigidus* rencontré dans un pied avec un Hallux valgus déjà sévère (chondromalacie retrouvée en peropératoire) et une formule métatarsienne en *Index Plus* avec augmentation très probable de la pression articulaire par défaut de raccourcissement de P1 ou de M1 et capsulorrhaphie trop serrée. La détérioration de l'état articulaire a nécessité une reprise chirurgicale par arthrodèse MTP₁ avec bon résultat.

- *Douleurs séquellaires chroniques* : il s'agissait d'*algodystrophie* (syndrome de douleur régionale complexe type I (SDRC)) chez **02** patients (par irritation des nerfs sensitifs collatéraux lors de l'abord chirurgical probable), vite guéri par la vitaminothérapie (vitamine C) et la rééducation fonctionnelle. Et chez **03** pieds parmi les 06 cas qui ont connus une récurrence de la maladie (groupe Chevron).
- *Pied inesthétique* : il s'agit de (**Tableau 14**) :
 - 1 *Excès de rotation* de la tête du premier métatarsien dans **01** pied du groupe Chevron (orteil en supination) ;
 - 2 Accentuation du *canon Grec* du pied après raccourcissement de M_1 dans **01** patient ;
 - 3 *Hallux valgus récidivant par bascule latérale de la tête M_1* : **01** cas.

Il faut garder dans l'esprit que la chirurgie de l'Hallux valgus ne doit pas être considérée comme une chirurgie esthétique. Certains pieds prennent une forme harmonieuse après la chirurgie, alors que d'autres malgré le respect des canons de normalité restent larges, avec parfois un hallux ou un ongle déformé.

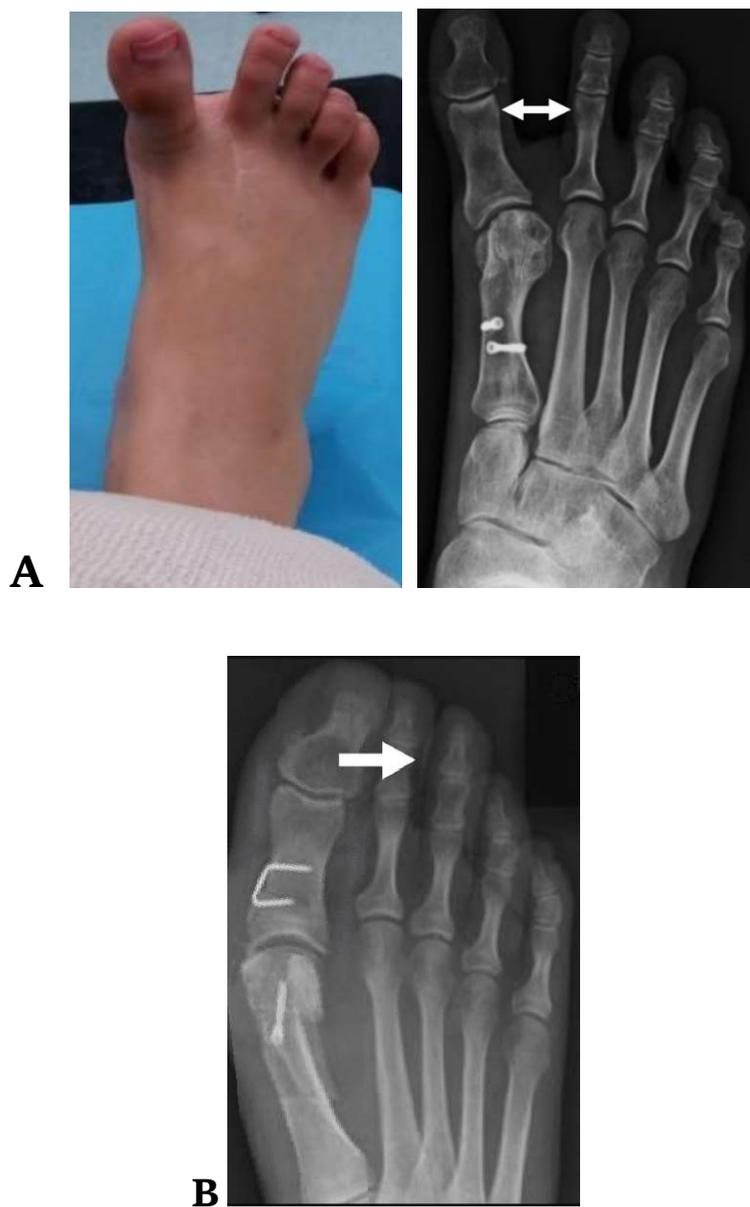


Figure 96. A : *Hallux varus iatrogène (chez une demoiselle de 23 ans, opérée dans le secteur privé et adressée chez nous pour correction. Patiente non incluse dans notre série d'étude) , B :* *Hallux valgus récidivant (Release insuffisante) chez un de nos malade (groupe chevron)*

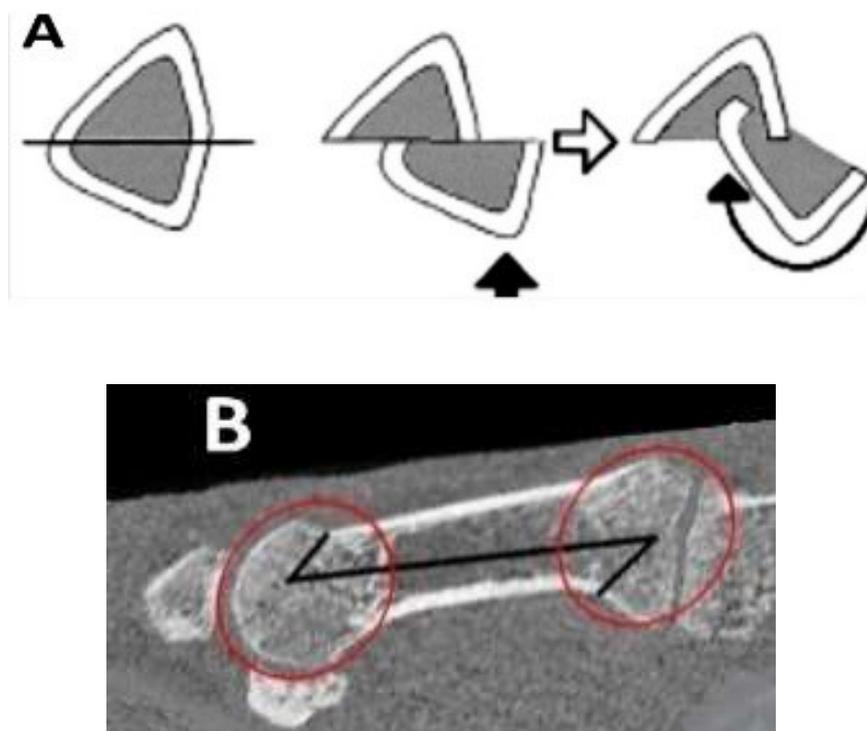


Figure 97. A : Effet tuile de l'ostéotomie Scarf (troughing) B : une coupe osseuse horizontale avec un minimum de surface métaphysaire distale et proximale (os spongieux encerclé en rouge sur une section sagittale de M1) et éviter l'effet tuile



Figure 98. Pied opéré avec séquelles algodystrophiques (syndrome de douleur régionale complexe) chez un de nos patients (groupe Scarf)

9.4 Recommandations

À l'issue de cette étude nous pouvons dire que nous voyons plus claire l'indication de chaque technique opératoire devant un pied porteur d'*Hallux valgus* :

✓ Qui opérer ?

Tout patient motivé, souffrant d'un *Hallux valgus* douloureux, gênant le chaussage et perturbant la fonction du pied dans la vie courante et/ou les activités sportives. Et même si l'aspect esthétique du pied malade peut passer au premier plan dans les doléances du patient qui souhaite obtenir un pied normal et jolie notamment chez la population féminine, il existe toujours une douleur associée, une bursite en regard de la tête du 1^{er} métatarsien ou des durillons plantaires qui justifient le geste chirurgical.

L'exclusion de la chirurgie *conservatrice* de l'*Hallux valgus* concerne les *sujets âgés* souffrant d'*Hallux valgus* sévère et évolué, avec arthrose de la première articulation métatarsophalangienne ou tarsométatarsienne et désordres des rayons latéraux (griffes des orteils et luxation métatarsophalangiennes). Ceux-ci peuvent bénéficier d'un traitement radical comme l'arthrodèse métatarsophalangienne ou cunéométatarsienne du premier rayon et interphalangienne du 2^e rayons souvent déformé en griffe fixée. Les patients aux antécédents médicaux pouvant interférer avec la cicatrisation cutanée et la consolidation osseuse, ou avec un risque anesthésique important ne peuvent être opérés, un traitement conservateur est indiqué chez eux.

Enfin, il faut se méfier des pieds douloureux avec simple bosse ou exostose de la tête du 1^{er} métatarsien sans aucune déviation en valgus de l'hallux ni *Metatarsus varus* associé ; souvent sur pied tonique et/ou creux et qui devrait bénéficier d'une simple régularisation de la bosse sans aucune ostéotomie.

✓ Quand opérer ?

Devant une *déformation en Hallux valgus* du pied ; avec des angles : HVA et IMA supérieurs à 15° et 9° respectivement, associée à une *gêne douloureuse*. En effet cette pathologie possède un pouvoir évolutif péjoratif dans le temps incluant une

dégradation articulaire du premier rayon, des rayons latéraux, et de l'arrière-pied réalisant une situation d'*amputé fonctionnel*. Le patient non seulement aura un pied douloureux et inesthétique mais aussi une privation de toute activité physique de routine (comme la marche et la montée et descente des escaliers) et sportive (la course, la danse...), sans citer la frustration chez les Femmes de ne plus pouvoir porter des chaussures de soirées.

✓ **Quelle technique choisir ?**

Quel que soit l'âge du patient devant un Hallux valgus léger ou modéré la technique d'*ostéotomie en Chevron* est l'idéale ; de réalisation rapide, elle est efficace pour la correction angulaires (surtout le DMAA, et l'HVA). Elle est préférées chez les jeunes patientes du fait de la petitesse de la voie d'abord et de la cicatrice postopératoire. *Cependant devant un Hallux valgus sévère* avec HVA supérieur à 40° et/ou IMA supérieur à 20°, une modification des traits d'ostéotomie du chevron en L inversé (long trait plantaire) est nécessaire pour plus de stabilité et maximum de déplacement (pour dépasser la translation limite de 50 % de la largeur métaphysaire).

L'ostéotomie Scarf est une technique sûre dans la correction de l'Hallux valgus, elle offre une stabilité inhérente du fait de la grande surface de contact entre les fragments osseux après déplacement et une grande versatilité avec un contrôle précis de la longueur du 1^{er} métatarsien, pouvant ainsi être utilisée pour tout type d'Hallux valgus quel que soit la sévérité, mais elle reste techniquement exigeante.

Chez le sujet âgé avec des signes d'arthrose MTP1 débutante sans la présence de raideur articulaire ; une ostéotomie d'accourcissement métatarsien est indiquée, ce qui décomprime l'articulation métatarsophalangienne à condition que M1 ne soit pas court (Index Plus-Minus ou Plus), le raccourcir encore risque d'entraîner des métatarsalgies de transfert. Ici l'ostéotomie *Scarf* est l'idéal.

CONCLUSION

L'Hallux valgus est une pathologie *courante* du pied dont l'étiologie est *complexe*. Bien qu'il soit exacerbé par le port de chaussures, ce n'est pas la seule cause. Il existe une *prédisposition génétique*, mais sans schéma héréditaire clair. La maladie est plus fréquente chez *les femmes* et son incidence augmente avec l'âge.

Les symptômes présentés sont généralement *une douleur* sur l'éminence médiane, souvent accentuée par le chaussage. Les patients présentant un Hallux valgus sévère peuvent également présenter des métatarsalgies des rayons latéraux (de transfert) lorsque l'hallux est défectueux en raison de la déformation.

L'examen clinique doit être complet et inclure *le pied entier* ainsi que tout le membre inférieur, à la recherche de facteurs de risques anatomiques associés dont le traitement préalable est parfois obligatoire (*Pes Planus*, *gastrocnémiens courts*, *hypermobilité cunéométatarsienne...*).

Le traitement conservateur consiste principalement en la modification des chaussures avec *un bout* plus profonde et *une empeigne* plus large pour limiter les conflits articulaires responsables des poussées inflammatoires.

La chirurgie est indiquée devant un Hallux valgus douloureux et gênant. Elle doit rester une chirurgie fonctionnelle et non esthétique. Une planification préopératoire clinique et surtout radiographique (métrologie) est primordiale dans la prise en charge thérapeutique. La mesure de longueur des os métatarsiens et le calcul des angles définissant la déformation est un impératif pour planifier les corrections à effectuer, il s'agit des angles de l'Hallux valgus (HVA) du métatarsus varus (IMA) et de l'orientation de la surface articulaire distale de M_1 : angle DMMA et surtout l'angle DM_2AA dont la mesure et la correction est simple, son repère étant l'axe fixe diaphysaire du 2^e métatarsien, contrairement à l'angle DMAA qui prend comme repère un 1^{er} métatarsien déjà dévié en varus et pronation.

Les principes actuels de la réparation chirurgicale de l'Hallux valgus consistent à corriger l'angle HVA et surtout l'angle IMA sans sacrifier la longueur de M_1 ,

et de respecter l'harmonie de la cascade métatarsienne (favoriser un Index Minus ou Plus-Minus).

Les résultats de notre étude montrent que l'ostéotomie en Chevron et l'ostéotomie Scarf possèdent un pouvoir correcteur des angles HVA, IMA et DM₂AA presque identique (Pvalue > 0.05) et des scores fonctionnels similaires, mais nous pensons que l'ostéotomie en Chevron est techniquement plus facile à réaliser ; elle permet avec une seule vis et quelques modifications du dessin des coupes osseuses comme l'allongement du trait plantaire une correction stable et efficace de l'Hallux valgus même dans les formes sévères de la déformation à condition que celle-ci soit réductible.

En effet les indications de l'ostéotomie en Chevron réputée limitée au Hallux valgus léger et modéré (angle HVA inférieur à 30 degrés et un angle IMA de moins de 15 degrés) peuvent être élargies aux formes sévères de l'Hallux valgus : premièrement par une release latérale correctement effectuée et de façon séquentielle. Puis deuxièmement par une bossectomie très économique qui va laisser de l'os utile pour augmenter la surface de contact entre fragments dorsal et plantaire après translation. Et enfin troisièmement par l'utilisation constante d'une ostéosynthèse par vissage en compression (vis de Barouk) assurant une stabilité adéquate après déplacement latéral du fragment capital pouvant dépasser le 50 % de la largeur métaphysaire, et éviter le risque de bascule céphalique.

Quant au risque d'ostéonécrose avasculaire de la tête métatarsienne, il est ici diminué par l'allongement du trait d'ostéotomie plantaire qui vient se terminer plus en proximal, loin des vaisseaux nutritifs plantaires.

En ce qui concerne l'ostéotomie Scarf; nous confirmons la puissance et la valeur sûre de cette technique dans toutes les formes d'Hallux valgus. Ses points forts sont sa versatilité, sa stabilité, et sa fiabilité à long terme, avec respect de l'anatomie osseuse. Mais elle reste une technique exigeante avec un temps opératoire et une courbe d'apprentissage plus longs.

Enfin à l'issue de ce travail, deux idées nous semblent plus que nécessaires pour une meilleure prise en charge de cette pathologie :

- Premièrement entamer une autre étude comparative entre cette chirurgie ouverte traditionnelle et des techniques de pratique plus récente comme la chirurgie mini invasive et percutanée de l'Hallux valgus, qui répondra à la fois à un souci esthétique et à une simplification des suites opératoires.
- Et deuxièmement créer une unité de chirurgie du pied au sein de notre service de chirurgie orthopédique pour une meilleure qualité de soins de cette pathologie qui reste très fréquente en milieu militaire ; permettant ainsi une réduction du délais d'attente des rendez-vous d'hospitalisation et l'affectation d'un personnel médical et paramédical formé à la pathologie du pied, et garantir une prise en charge correcte des autres pathologies du pied (pied diabétique, pied rhumatoïde, pied neurologique...) que nous rencontrons dans la consultation de routine et dont le nombre ne cesse d'augmenter.

Déclaration de conflict d'intérêts

Il n'y a aucun conflit d'intérêts connu associé à cette publication.

ANNEXES

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1. Hallux valgus ou “ The Bunion deformity ”	2
Figure 2. Structure osseuse du pied (droit : A : face dorsale, B : arche médiale du pied.....	5
Figure 3.. Premier métatarsien :(A) vue latérale. (B) vue postérieure.	6
Figure 4. Morphogenèse du squelette de l'avant-pied. (D'après CR Bardeen) (23).....	6
Figure 5. Ligaments du complexe articulaire métatarso-sésamoïdo-phalangien.....	10
Figure 6. Articulation métatarsophalangienne du 1 ^{er} rayon et appareil glénosésamoïdien.....	10
Figure 7. Muscles intrinsèques de l'hallux (Pied droit -vue plantaire)	11
Figure 8. Muscles extrinsèques du pied.....	11
Figure 9. Vascularisation de la MTP1 : Vue latérale	13
Figure 10. Vascularisation du pied. Vue plantaire (A).....	14
Figure 11. Vascularisation du pied. Vue dorsale (B)	14
Figure 12 : A : section frontale tête M1	17
Fig. 13. Modèle biomécanique de Snijders	19
Figure 14. Schéma de la physiopathologie de l'Hallux valgus.....	20
Figure 15. Hallux valgus avec ses déviations	20
Figure 16. Hallux valgus et chaussage	21
Figure 17. Hallux valgus et chaussage féminin	21
Figure 18. Morphologie de la tête M1 et instabilité MTP1 : A : tête plate	21
Figure 19. Evaluation clinique du Valgus pronation de l'hallux (pronation).....	29
Figure 20. Raideur de la flexion plantaire et dorsale après correction manuelle de l'HV.	29
Figure 21. Points douloureux de l'avant-pied	29
Figure 22. Test de simulation de charge de Kristen	29
Figure 23. Les morphotypes du pied	30
Figure 24. Les canons de l'avant-pied : A : Pied égyptien ; B : pied carré ; C pied grec.....	30
Figure 25. Durillon plantaire (1,2) sous la tête de M1 et M5 et œil-de-perdrix	30
Figure 26. Test de préhension du papier ou « Paper Grip Test » du gros orteil.....	31
Figure 27. Test de tiroir de l'articulation CM1 (recherche de l'hypermobilité).....	31
Figure 28. Le signe de Silfverskiold	31
Figure 29. Technique de l'incidence de face du pied (dorsoplantaire en charge).....	32
Figure 30. Index métatarsien (méthode de Maestro).....	35
Figure 31. Formes de la tête de M1 ; en vert tête ronde.....	35
Figure 32. Mesure de l'éminence médiale de la tête de M1.....	35
Figure 33. Technique de l'incidence de profil du pied en charge	36
Figure 34. Incidence pied de profil en charge..	36
Figure 35. Différentes technique de l'incidence des sésamoïdes de Walter-Müller et Guntz.....	37
Figure 36. Incidence en décharge de Walter Müller (sésamoïdes excentrés) et Incidence en charge de GUNTZ et mesure de la rotation axiale des sésamoïdes (SRA) et de M1 (MRA).	38
Figure 37. Les mesures au Rapporteur sont plus précises que sur un Goniomètre	38
Figure 38. Méthodes de mesure diaphysaire et épiphysaire ; A : mesure diaphysaire.....	39
Figure 39. Hallux valgus angle (HVA) ; Intermetatarsal angle (IMA) et angle TASA	41
Figure 40. Hallux valgus et congruence articulaire MTP1 (A : congruence ;.....	42
Figure 41. La classification simplifiée de Smith,	43
Figure 42. Longueur relative de M1M2 : A. Méthode de Hardy et Clapham.....	43
Figure 43. Angles d'inclinaison de la CM1 : A. Angle cunéométatarsien (ACM1) B. Angle d'inclinaison de la surface articulaire distale de C1 (DCAA).	43

<i>Figure 44. Carl-Hueter-1838-1882</i>	47
Figure 45. Enorme kyste osseux de la tête de M1	47
Figure 46: Intervention radicale.....	48
Figure 47. Prothèse à trois composants	48
Figure 48. Intervention conservatrice	48
Figure 49: ostéotomie d'ouverture	48
Figure 50. Fraisés motorisés permettant pour réaliser des ostéotomies	51
Figure 51. Ambassadeurs de la chirurgie percutanée : Dr. Morton Meyer Polokoff (A).....	51
Figure 52. Griffes iatrogènes de l'hallux par section du tendon conjoint	54
Figure 53. A. Hallux valgus ; B : Hallux valgus interphalangien (HVI)	58
Figure 54. Contrôle clinique de la correction de l'ostéotomie de P1.	58
Figure 55. Les ostéotomies de la première phalange de l'hallux	59
Figure 56. L'ostéotomie d'Akin et ses types de fixation,	61
Figure 57. Ostéotomies basimétatarsiennes (OBM)	61
Figure 58. Technique de l'Ostéotomie en Chevron.	64
Figure 59. Ostéotomie en Chevron : A : technique original ; B : ostéotomie en biseau	64
Figure 60. Chevron Picasso. A. Radiographie préopératoire. B. postopératoire (103).....	65
Figure 61. Artifice de Maestro :.....	65
Figure 62. La translation osseuse ; A. Ostéotomie en Chevron, B. Ostéotomie Scarf	65
Figure 63. Variantes du Chevron selon le dessin de l'ostéotomie	68
Figure 64: Ostéotomie Chevron biplane	69
Figure 65. Ostéotomie Chevron triplane	69
Fig. 66. Image de trait de Jupiter en charpenterie et en chirurgie de l'Hallux valgus	71
Figure 67. Ambassadeurs du Scarf : Lowell Scott Weil (G) et Louis Samuel Barouk (D)	71
Figure 68. Différente orientation du trait diaphysaire du Scarf	76
Figure 69. Dessin du trait horizontal de l'ostéotomie Scarf (A),.....	77
Figure 70. Variations du trait transversal distal du Scarf.	77
Figure 71 traits du Scarf et les différents déplacements.....	77
Figure 72.	78
Figure 73. Cals vicieux en rotation latérale : A ; en rotation médiale : B ;	85
Figure 74. A : Instabilité de l'ostéotomie en Chevron et risque d'une bascule latérale. B : Ostéonécrose avasculaire de la tête de M1 (31)	85
Figure 75. Installation Garrot à la cheville	104
Figure 76. Voie intermétatarsienne ou voie commissurale.....	108
<i>Figure 77. « Release » latérale et repositionnement de la tête de M1</i>	108
Figure 78. Test manuel de réduction du valgus phalangien	109
<i>Figure 79. Voie d'abord médiale et Nerf digital dorsal</i>	109
Figure 80 : une seule voie d'abord médiale pour la release et l'ostéotomie	110
<i>Figure 81. Exostosectomie (Bunionectomie) 1 : plan de coupe,</i>	110
Figure 82 : L'incision cutanée médiane avec extension distale	111
Figure 83. Déplacement par translation latérale de la tête de M1	111
Figure 84. Ostéosynthèse par vissage unicortical oblique de proximal-dorsal	112
Figure 85 : Ostéotomie d'Akin avec résection d'un coin inféromédial de la base de P1.	112
Figure 86 : Fixation de l'ostéotomie en Chevron	113
Figure 87 : dessin de l'ostéotomie Scarf en « Z ». (un de nos cas du groupe Scarf)	116
Figure 88: ostéotomie Scarf (A): déplacement des fragments pour corriger l'alignement de l'hallux. (B): fixation provisoire par Davier à mors décalés (pince de Barouk) (C)(63).....	117
Figure 89 : vis de Barouk et à petit fragment (A), mèche et tournevis canulés (B-C)	117

Figure 90 : Excision du surplus osseux médial après déplacement des fragments	118
Figure 91 : radiographie de contrôle pied en charge après ostéotomie Scarf	120
Figure. 92. Pansement après chirurgie l'Hallux valgus	123
Figure 93. Chaussure thérapeutique de Barouk à appui talonnier.....	124
Figure 94 : Appréciation de l'apparence	133
Figure 95. Raideur post-opératoire de la MTP1	137
Figure 96. A : Hallux varus iatrogène	171
Figure 97. A : <i>Effet tuile de l'ostéotomie Scarf (troughing)</i>	172
Figure 98. Pied opéré avec séquelles algodystrophiques	172

Formulaire 1. Échelle d'évaluation AOFAS

Score AOFAS de l'hallux valgus
(100 points au total)

Douleur (40 points)	
➤ Aucune	40
➤ Légère, occasionnelle	30
➤ Modérée, quotidienne	20
➤ Sévère, presque toujours présente	0
Fonction (45 points)	
Limitation d'activité :	
➤ Aucune	10
➤ Pas de limitation des activités quotidiennes, limitation des activités de loisir	7
➤ Activités quotidiennes et de loisir limitées	4
➤ Limitation sévère de toutes les activités	0
Conditions de chaussage	
Chaussure conventionnelle d'usage courant	
➤ Sans nécessité de semelle spéciale	10
➤ Chaussure dite « de confort » ou semelle additionnelle	5
➤ Chaussures adaptées ou orthopédique	0
Mobilité articulaire de la MTP (dorsiflexion+flexion plantaire)	
➤ Normale ou légère restriction (75° ou plus)	10
➤ Restriction modérée (30°-74°)	5
➤ Sévère restriction	0
Mobilité articulaire de l'inter phalangienne (IP)	
➤ Pas de limitation	5
➤ Limitation sévère (moins de 10°)	0
Stabilité de la MTP et IP (toutes directions)	
➤ Stable	5
➤ Instable ou luxée	0
Exostose médiale	
➤ Absence ou asymptomatique	5
➤ Symptomatique	0
Alignement (15 points)	
➤ <u>Bon</u> , hallux bien aligné	15
➤ <u>Assez bon</u> , quelques degrés de déformation sans symptômes	8
➤ <u>Mauvais</u> , manifeste déformation symptomatique	0
TOTAL	

AOFAS = American Orthopaedic Foot and Ankle Society.

Classement : Excellent = 90-100 points ; Bon = 75-89 points ; Passable = 74-60 points. Mauvais = <60 points.

Formulaire 2. Échelle d'évaluation ACFAS : Module1 : MTP1 et Premier rayon
(02 pages)



Echelle d'évaluation ACFAS :

Module 1: première AMP & premier rayon

page 1: questionnaire du patient

Instructions au patient:

Répondez svp avec honnêteté sur l'état de votre pied

patient :.....

date:.....

patient #:.....

1. La douleur (30points):

Au cours du mois passé, comment la douleur du pied a limité votre activité journalière ?

- aucune douleur avec activités normales (30)
- petites douleurs ou douleurs occasionnelles ,sans limitation d'activités (22)
- douleurs modérés avec limitation de quelques activités (14)
- j'ai des douleurs et une limitation significative des activités (6)
- j'ai des douleurs sévères, avec limitation presque de toutes les activités (0)

2. L'apparence (5points):

comment évaluez vous l'apparence de l'articulation de votre gros orteil ?

- Je l'aime beaucoup (5)
- j'aime son apparence de façon général (4)
- Je ne suis pas sûr qu'il me plait (neutre) (3)
- je n'aime pas son apparence de façon général (2)
- certainement je l'aime pas (0)

3. Capacités Fonctionnelles (15 points):

quelle est la fréquence des douleurs en portant des chaussures ?

- je suis capable de porter tout le temps tout type de chaussures (15)
- je suis souvent ,capable de porter tout type de chaussures (10)
- je suis **seulement** capable de porter des chaussures confortables ou de sport (5)
- je suis **seulement** capable de porter des chaussures orthopédique ,spéciales..(0)

TOTAL DES POINTS PAGE 1:

TOTAL DES POINTS MODULE 1:



Echelle d'évaluation ACFAS :

Module 1: première AMP & premier rayon

page 2: paramètres objectifs

patient :

date:

patient #:

4. Evaluation radiographique: (18 points)

vue antéropostérieure(radio du pied dorso-plantaire en charge)(6 points)

Angle M1P1 (Hallux Abductus) (6points)

- 0-20° (6) 21-30° (3) ≥ 31° (0) -1 à -3° (2) > -3°(0)

Angle M1M2 (6 points)

- 0-10° (6) 11-19° (3) ≥ 20° (0) < 0° (0)

vue latérale (6points): angle de déclinaison de M1 (6points)

- ≥16-24° (6) 10-15° (2)
- 25-29° (3) < 10° (0)
- 29° (0)

5. fonction (32points)

la prise du gros orteil (test de pince de papier)(10points)

- non mobile (10) résistant (5) facile (0)

mobilité du premier rayon (17points)

Dorsiflexion de la MP1 (11points)

- ≥ 60° (11) 45-59° (8) 36-45° (4) < 36°(0)

Flexion Plantaire De La Mp1 (4points)

- ≥ 0°(4) < 0°(0)

Extension De L'IP (2points)

- extension à 0°(2) < 0°(0)

boiterie par douleur (sans chaussage)(5points)

- non(5) oui(0)

TOTAL DES POINTS PAGE 2:

Formulaire 3. Autres paramètres d'évaluation

AUTRES VARIABLES

- Age(années): 18-25 19-35 36-45 > 45
- Sexe: Féminin Masculin
- Type de pied -index : Egyptien Grec Carré
 plus-minus plus minus
- Pointure (Eur): 36-38 38-40 40-42 ≥43
- Degrés d'activité : Sédentaire Actif
- Côte: Droit Gauche Bilatéral
- Sévérité: Légère Modérée Sévère
- Technique D'ostéotomie: Scarf Chevron
- Recul (Mois):
- coordonnés:

nom-prénom

téléphone

adresse

origine (wilaya)

BIBLIOGRAPHIE

1. LEEMRIJSE T. Hallux valgus. In Ecole d'orthopédie de l'UCL; 2016.
2. Piclet-Legré B, Graff W. Hallux valgus: Mises au point de l'AFCP. Elsevier Health Sciences; 2017.
3. Galois L. History of surgical treatments for hallux valgus. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2018;28(8):1633-9.
4. Stephens MM. Pathogenesis of hallux valgus. *Foot Ankle Surg.* 1994;1(1):7-10.
5. Truslow W. Metatarsus primus varus or hallux valgus? *JBJS.* 1925;7(1):98-108.
6. Maestro M, Ferre B. Anatomie fonctionnelle du pied et de la cheville de l'adulte. *Rev Rhum Monogr.* 2014;81(2):61-70.
7. Hardy RH, Clapham JCR. Observations on hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br.* 1951;33(3):376-91.
8. Dayton P, Kauwe M, Feilmeier M. Clarification of the anatomic definition of the bunion deformity. *J Foot Ankle Surg.* 2014;53(2):160-3.
9. Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int.* 2007;28(7):759-77.
10. Assal M. Hallux valgus: quel traitement? *Rev Médicale Suisse.* 2005;1(3):258-63.
11. Şaylı U, Akman B, Tanrıöver A, Kaspar Ç, Güven M, Özler T. The results of Scarf osteotomy combined with distal soft tissue procedure are mostly satisfactory in surgical management of moderate to severe hallux valgus. *Foot Ankle Surg.* 2018;24(5):448-52.
12. Nix S, Smith M, Vicenzino B. Prevalence of hallux valgus in the general population: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res.* 2010;3(1):1-9.
13. Roddy E, Zhang W, Doherty M. Prevalence and associations of hallux valgus in a primary care population. *Arthritis Care Res Off J Am Coll Rheumatol.* 2008;59(6):857-62.
14. Menz HB, Lord SR. Gait instability in older people with hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2005;26(6):483-9.
15. Weil LS. Scarf osteotomy for correction of hallux valgus. Historical perspective, surgical technique, and results. *Foot Ankle Clin.* 2000;5(3):559-80.
16. Johnson KA, Cofield RH, Morrey BF. Chevron osteotomy for hallux valgus. *Clin Orthop.* 1979;(142):44-7.
17. Hicks JH. The mechanics of the foot: I. The joints. *J Anat.* 1953;87(Pt 4):345.
18. Lengelé B, Leemrijse T. Anatomie chirurgicale du pied et de la cheville. 2009;
19. Barouk LS. Local Anatomy, Surgical Technique, and. *Foot Ankle Clin.* 2000;5(3):525.
20. ElSaid AG, Tisdell C, Donley B, Sferra J, Neth D, Davis B. First metatarsal bone: an anatomic study. *Foot Ankle Int.* 2006;27(12):1041-8.

21. Barouk LS, Barouk P, Baudet B, Toullec E. Ostéotomie scarf du premier métatarsien et de la première phalange pour la correction de l'hallux valgus. *Chir L'avant-Pied Cah D'enseignement SOFCOT*. 2005;89:59-81.
22. Kuwano T, Nagamine R, Sakaki K, Urabe K, Iwamoto Y. New radiographic analysis of sesamoid rotation in hallux valgus: comparison with conventional evaluation methods. *Foot Ankle Int*. 2002;23(9):811-7.
23. Besse JL, Bevernage BD, Leemrijse T. *Pathologie du pied et de la cheville*. Elsevier Masson; 2015.
24. Maestro M, Bonnel F, Rivet JJ. Patología sesamoidea del hallux (gran artejo). *EMC-Podol*. 2017;19(2):1-13.
25. Daum B, Diebold P. *Pathologie sésamoïdienne*. Par. 1996;
26. Haines RW, McDougall A. The anatomy of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br*. 1954;36(2):272-93.
27. Saltzman CL, Aper RL, Brown TD. Anatomic determinants of first metatarsophalangeal flexion moments in hallux valgus. *Clin Orthop Relat Res* 1976-2007. 1997;339:261-9.
28. Monteagudo M, Martínez-de-Albornoz P. Management of complications after hallux valgus reconstruction. *Foot Ankle Clin*. 2020;25(1):151-67.
29. Johnson KA, Kile TA. Hallux valgus due to cuneiform-metatarsal instability. *J South Orthop Assoc*. 1994;3(4):273-82.
30. Peterson DA, Zilberfarb JL, Greene MA, Colgrove RC. Avascular necrosis of the first metatarsal head: incidence in distal osteotomy combined with lateral soft tissue release. *Foot Ankle Int*. 1994;15(2):59-63.
31. Soares S, Campos G, Gomes TM, Medeiros F, Oliva XM. Anatomy of the Dorsomedial Cutaneous Nerve to Hallux and Surgical Implications According to the Severity of Hallux Valgus Deformity: A Cadaveric Study. *J Foot Ankle Surg*. 2021;
32. Perera AM, Mason L. The pathogenesis of hallux valgus. *JBJS*. 2011;93(17):1650-61.
33. Hoffmann P. The feet of barefooted and shoe-wearing peoples. *J Bone Jt Surg Am*. 1905;3:105-36.
34. Sim-Fook LAM, Hodgson AR. A comparison of foot forms among the non-shoe and shoe-wearing Chinese population. *JBJS*. 1958;40(5):1058-62.
35. Ferreyra M, Núñez-Samper M, Viladot R, Ruiz J, Isidro A, Ibañez L. What do we know about hallux valgus pathogenesis? *J Foot Ankle*. 2020;14(3):223-30.
36. Barouk LS, Barouk P. *Reconstruction de l'avant-pied*. Springer Science & Business Media; 2005.
37. Snijders CJ, Snijder JGN, Philippens M. Biomechanics of hallux valgus and spread foot. *Foot Ankle*. 1986;7(1):26-39.
38. Barouk LS. *La femme et sa chaussure*. Clautre J Simon Chaussage Paris Masson. 1988;

39. Coughlin MJ. Juvenile hallux valgus: etiology and treatment. *Foot Ankle Int.* 1995;16(11):682-97.
40. Heyes GJ, Vosoughi AR, Weigelt L, Mason L, Molloy A. Pes planus deformity and its association with hallux valgus recurrence following scarf osteotomy. *Foot Ankle Int.* 2020;41(10):1212-8.
41. Smith BW, Coughlin MJ. The first metatarsocuneiform joint, hypermobility, and hallux valgus: what does it all mean? *Foot Ankle Surg.* 2008;14(3):138-41.
42. Barouk P, Barouk LS. Clinical diagnosis of gastrocnemius tightness. *Foot Ankle Clin.* 2014;19(4):659-67.
43. Barouk P. Technique, indications, and results of proximal medial gastrocnemius lengthening. *Foot Ankle Clin.* 2014;19(4):795-806.
44. Samuel Barouk L, Barouk P. Management peropératoire. *Reconstr L'avant-Pied.* 2006;339-53.
45. Organization WH. Pacific physical activity guidelines for adults: Framework for accelerating the communication of physical activity guidelines. Manila: WHO Regional Office for the Western Pacific; 2008.
46. PUTINEANU D. Anamnèse et examen clinique du pied. In *Ecole d'orthopédie de l'UCL*; 2014.
47. Maestro M, Besse JL, Ragusa M, Berthonnaud E. Forefoot morphotype study and planning method for forefoot osteotomy. *Foot Ankle Clin.* 2003;8(4):695-710.
48. Götze M, Hasmann SE, Hofmann UK, Walter C, Mittag F. Preoperative analysis of radiographic findings in 516 patients with hallux valgus deformity. *Acta Ortop Bras.* 2019;27(1):16-9.
49. Siddiqui NA, Mayer BE, Fink JN. Short-term, Retrospective Radiographic Evaluation Comparing Pre-and Postoperative Measurements in the Chevron and Minimally Invasive Distal Metatarsal Osteotomy for Hallux Valgus Correction. *J Foot Ankle Surg.* 2021;
50. 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.
51. Toullec É, Thémar-Noël C, Darcel V. 1.1 Hallux valgus congénital, juvénile et acquis. 2017;
52. Brage ME, Holmes JR, Sangeorzan BJ. The influence of x-ray orientation on the first metatarsocuneiform joint angle. *Foot Ankle Int.* 1994;15(9):495-7.
53. Agrawal Y, Desai A, Mehta J. Lateral sesamoid position in hallux valgus: correlation with the conventional radiological assessment. *Foot Ankle Surg.* 2011;17(4):308-11.
54. Deleu PA, Leemrijse T, Birch I, Berg BV, Bevernage BD. Reliability of the Maestro radiographic measuring tool. *Foot Ankle Int.* 2010;31(10):884-91.

55. Sung IH, Lee KT, Young KW, Whang KS, Choi CH, Jung JH, et al. Dilemma in Severity Classification of Incongruent Hallux Valgus Deformity Using Radiological Measurements. *대한정형외과학회지*. 2005;40(5):549-54.
56. Steel MW, Johnson KA, DeWitz MA, Ilstrup DM. Radiographic measurements of the normal adult foot. *Foot Ankle*. 1980;1(3):151-8.
57. Fuhrmann RA, Layher F, Wetzel WD. Radiographic changes in forefoot geometry with weightbearing. *Foot Ankle Int*. 2003;24(4):326-31.
58. Piclet-Legré B, Graff W, Toullec É. Hallux Valgus.
59. Lee SY, Chung CY, Park MS, Sung KH, Ahmed S, Koo S, et al. Radiographic measurements associated with the natural progression of the hallux valgus during at least 2 years of follow-up. *Foot Ankle Int*. 2018;39(4):463-70.
60. Cakmak G, Kanatli U, Kilinc B, Yetkin H. The effect of pronation and inclination on the measurement of the hallux distal metatarsal articular set angle. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2013;47(5):354-8.
61. Song JH, Kang C, Hwang DS, Lee GS, Lee SB. Comparison of radiographic and clinical results after extended distal chevron osteotomy with distal soft tissue release with moderate versus severe hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 2019;40(3):297-306.
62. Robinson AH, Cullen NP, Chhaya NC, Sri-Ram K, Lynch A. Variation of the distal metatarsal articular angle with axial rotation and inclination of the first metatarsal. *Foot Ankle Int*. 2006;27(12):1036-40.
63. Mortier JP, Bernard JL, Maestro M. Axial rotation of the first metatarsal head in a normal population and hallux valgus patients. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2012;98(6):677-83.
64. Barouk LS. Notre expérience de l'osteotomie SCARF des premier et cinquieme metatarsiens. *Médecine Chir Pied*. 1992;2:00067-84.
65. Henderson RS. Os intermetatarsium and a possible relationship to hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br*. 1963;45(1):117-21.
66. Aebischer AS, Duff S. Bunions: A review of management. *Aust J Gen Pract*. 2020;49(11):720.
67. Hurn SE, Vicenzino BT, Smith MD. Non-surgical treatment of hallux valgus: a current practice survey of Australian podiatrists. *J Foot Ankle Res*. 2016;9(1):1-9.
68. Samuel Barouk L, Barouk P. Prothèse bouton, spacer temporaire. *Reconstr L'avant-Pied*. 2006;174-8.
69. Groulier P, Curvale G, Piclet-Legré B, Kelberine F. L'arthrodèse de la première articulation métatarso-phalangienne. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot*. 1994;80(5):436-44.
70. Tourne Y, Saragaglia D, Picard F, De Sousa B, Montbarbon E, Charbel A. Iatrogenic hallux varus surgical procedure: a study of 14 cases. *Foot Ankle Int*. 1995;16(8):457-63.

71. Liu ZD, Lu H, Yuan YS, Xu HL. Evaluation of therapeutic efficacy of arthroplasty with Swanson prosthesis in the surgical treatment of 2-5 metatarsophalangeal joint diseases. *Beijing Da Xue Xue Bao*. 2020;52(4):726-9.
72. Roy-Camille R, Lelievre JF. Cure of hallux valgus by Petersen's technic. *Nouv Presse Med*. 1974;3(6):299-300.
73. Tomeno B, Emami A. The Mac Bride technique in the treatment of hallux valgus (author's transl). *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1980;66(6):399-400.
74. Hetherington V. *Hallux valgus and forefoot surgery*. Churchill Livingstone; 1994.
75. Hariharan K, Ramesh P. Scarf and Akin Osteotomy for Hallux Valgus. *Tech Foot Ankle Surg*. 2020;19(3):125-31.
76. Kaufmann G, Hofmann M, Ulmer H, Putzer D, Hofer P, Dammerer D. Outcomes after scarf osteotomy with and without Akin osteotomy a retrospective comparative study. *J Orthop Surg*. 2019;14(1):1-9.
77. Choi SM, Lee JS, Lim JW, Im JM, Kho DH, Jung HG. Effect of Metatarsus Adductus on Hallux Valgus Treated With Proximal Reverse Chevron Metatarsal Osteotomy. *Foot Ankle Int*. 2021;1071100721990363.
78. Braitto M, Dammerer D, Hofer-Picout P, Kaufmann G. Proximal opening wedge osteotomy with distal chevron osteotomy of the first metatarsal for the treatment of moderate to severe hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 2019;40(1):89-97.
79. Meier PJ, Kenzora JE. The risks and benefits of distal first metatarsal osteotomies. *Foot Ankle*. 1985;6(1):7-17.
80. Trnka HJ, Zembsch A, Wiesauer H, Hungerford M, Salzer M, Ritschl P. Modified Austin procedure for correction of hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 1997;18(3):119-27.
81. Schneider W, Aigner N, Pinggera O, Knahr K. Chevron osteotomy in hallux valgus: ten-year results of 112 cases. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(7):1016-20.
82. Weil LS. Scarf osteotomy for correction of hallux valgus. Historical perspective, surgical technique, and results. *Foot Ankle Clin*. 2000;5(3):559-80.
83. Symeonidis PD, Anderson JG. Original and Modified Lapidus Procedures: Proposals for a New Terminology. *J Bone Joint Surg Am*. 2021;103(4).
84. De Prado M, Ripoll PL, Golano P. Hallux valgus. *Cir Percutanea Pie Barc Masson SA*. 2003;57-94.
85. Severyns M, Carret P, Brunier-Agot L, Debandt M, Odri GA, Rouvillain JL. Reverdin-Isham procedure for mild or moderate hallux valgus: clinical and radiographic outcomes. *Musculoskelet Surg*. 2019;103(2):161-6.
86. Isham SA, Nunez OE. The Reverdin-Isham procedure for the correction of hallux valgus. In: *Minimally invasive surgery of the foot and ankle*. Springer; 2010. p. 97-108.
87. Mouton A, Villet L, Chauveaux D, Laffenêtre O. Chirurgie percutanée de l'hallux valgus: résultat d'une étude prospective continue de 80 interventions. *Monogr AFCP Sauramps Montp*. 2009;5:199-227.

88. 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.
89. Shibuya N, Kyprios EM, Panchani PN, Martin LR, Thorud JC, Jupiter DC. Factors associated with early loss of hallux valgus correction. *J Foot Ankle Surg.* 2018;57(2):236-40.
90. CURVALE G, GROULIER P. L'hallux varus iatrogène. *Rhumatol Aix--Bains.* 1995;47(3):79-80.
91. Baudet B. Gestes communs de la libération latérale dans la chirurgie de l'hallux valgus. In: *Pathologie du pied et de la cheville.* Leemisje T et Valtin B Paris; 2009.
92. Lin I, Bonar SK, Anderson RB, Davis WH. Distal soft tissue release using direct and indirect approaches: an anatomic study. *Foot Ankle Int.* 1996;17(8):458-63.
93. Song JH, Kang C, Park WH, Lee GS, Lee JK, Kim DH, et al. Extended Distal Chevron Osteotomy and Akin Osteotomy using Bioabsorbable Materials for Treatment of Moderate to Severe Hallux Valgus. *J Foot Ankle Surg.* 2021;
94. Barouk LS, Barouk P, Toullec E. Brièveté des muscles gastrocnémiens et pathologie de l'avant-pied La libération proximale chirurgicale. *Médecine Chir Pied.* 2005;21(4):143-52.
95. Strydom A, Saragas NP, Ferrao PNF. A radiographic analysis of the contribution of hallux valgus interphalangeus to the total valgus deformity of the hallux. *Foot Ankle Surg.* 2017;23(1):27-31.
96. Seo JH, Lee HS, Choi YR, Park SH. Distal chevron osteotomy with lateral release for moderate to severe hallux valgus patients aged sixty years and over. *Int Orthop.* 2020;44(6):1099-105.
97. Marcolli D. Hallux Rigidus: A Literature Review of Classifications, Etiology and Treatment. *EC Orthop.* 2019;10:874-91.
98. Rothwell M, Pickard J. The chevron osteotomy and avascular necrosis. *The foot.* 2013;23(1):34-8.
99. Torrent J, Baduell A, Vega J, Malagelada F, Luna R, Rabat E. Open vs Minimally Invasive Scarf Osteotomy for Hallux Valgus Correction: A Randomized Controlled Trial. *Foot Ankle Int.* 2021;10711007211003564.
100. Hammel E, Abi Chala ML, Wagner T. Complications of first ray osteotomies: a consecutive series of 475 feet with first metatarsal Scarf osteotomy and first phalanx osteotomy. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2007;93(7):710-9.
101. 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 Orthopédique Réparatrice Appar Mot.* avr 2008;94(2):111-27.
102. Clarke GR, Thomas MJ, Rathod-Mistry T, Marshall M, Menz HB, Peat G, et al. Hallux valgus severity, great toe pain, and plantar pressures during gait: A cross-sectional study of community-dwelling adults. *Musculoskeletal Care.* 2020;18(3):383-90.

103. Radl R, Kastner N, Aigner C, Portugaller H, Schreyer H, Windhager R. Venous thrombosis after hallux valgus surgery. *JBJS*. 2003;85(7):1204-8.
104. Piat C, Cazeau C, Stiglitz Y. Post-operative hallux varus: a review of treatment methods. *Int Orthop*. 2021;1-7.
105. Clarke TA, Platt SR. Treatment of hallux valgus by Scarf osteotomy—rates and reasons for recurrence and rates of avascular necrosis: A systematic review. *Foot Ankle Surg*. 2021;27(6):622-8.
106. Edwards WH. Avascular necrosis of the first metatarsal head. *Foot Ankle Clin*. 2005;10(1):117-27.
107. Polastri M. Postoperative rehabilitation after hallux valgus surgery: a literature review. *Foot Ankle Online J*. 2011;
108. Laffenêtre O, Saur M, Lucas J. Hallux valgus: definición, fisiopatología, estudio clínico y radiológico, principios terapéuticos. *EMC-Apar Locomot*. 2021;54(1):1-14.
109. Kristen KH, Berger C, Stelzig S, Thalhammer E, Posch M, Engely A. The SCARF osteotomy for the correction of hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int*. 2002;23(3):221-9.
110. Elshazly O, Rahman AFA, Fahmy H, Sobhy MH, Abdelhadi W. Scarf versus long chevron osteotomies for the treatment of hallux valgus: A prospective randomized controlled study. *Foot Ankle Surg*. 2019;25(4):469-77.
111. Deenik AR, Pilot P, Brandt SE, van Mameren H, Van Geesink RGT, Van Draaijer WF. Scarf versus chevron osteotomy in hallux valgus: a randomized controlled trial in 96 patients. *Foot Ankle Int*. 2007;28(5):537-41.
112. Mahadevan D, Lines S, Hepple S, Winson I, Harries W. Extended plantar limb (modified) chevron osteotomy versus scarf osteotomy for hallux valgus correction: a randomised controlled trial. *Foot Ankle Surg*. 2016;22(2):109-13.
113. Pothier D. *Guide pratique de podologie, 2e édition actualisée et enrichie: Annoté pour la personne diabétique*. PUQ; 2011.
114. Kelikian AS, Sarrafian SK. *Sarrafian's anatomy of the foot and ankle: descriptive, topographic, functional*. Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
115. Kitaoka HB, Meeker JE, Phisitkul P, Adams Jr SB, Kaplan JR, Wagner E. AOFAS position statement regarding patient-reported outcome measures. *Foot Ankle Int*. 2018;39(12):1389-93.
116. Zlotoff HJ, Christensen JC, Mendicino RW, Schuberth JM, Schwartz NH, Thomas JL, et al. ACFAS Universal Foot and Ankle Scoring System: first metatarsophalangeal joint and first ray (module 1). *J Foot Ankle Surg*. 2002;41(1):2-5.
117. Turan I. Correlation between hallux valgus angle and age. *J Foot Surg*. 1990;29(4):327-9.
118. Nery C, Coughlin MJ, Baumfeld D, Ballerini FJ, Kobata S. Hallux valgus in males—part 1: demographics, etiology, and comparative radiology. *Foot Ankle Int*. 2013;34(5):629-35.

119. Cho NH, Kim S, Kwon DJ, Kim HA. The prevalence of hallux valgus and its association with foot pain and function in a rural Korean community. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91-B(4):494-8.
120. Menz HB, Marshall M, Thomas MJ, Rathod-Mistry T, Peat GM, Roddy E. Incidence and Progression of Hallux Valgus: a Prospective Cohort Study. *Arthritis Care Res.* 2021;
121. Jeuken RM, Schotanus MG, Kort NP, Deenik A, Jong B, Hendrickx RP. Long-term follow-up of a randomized controlled trial comparing scarf to chevron osteotomy in hallux valgus correction. *Foot Ankle Int.* 2016;37(7):687-95.
122. Trnka HJ, Zembsch A, Easley ME, Ritschl P, Myerson MS. The chevron osteotomy for correction of hallux valgus: comparison of findings after two and five years of follow-up. *JBJS.* 2000;82(10):1373.
123. Millet-Barbe B, Bouquet C, Bironneau A, Ruhlmann F, Leclercq N, Gayet LE. Hybrid surgical treatment of hallux valgus: preliminary results of a prospective study. *Med Chir Pied.* 2011;27(4):97-105.
124. Pentikainen I, Ojala R, Ohtonen P, Piippo J, Leppilahti J. Preoperative radiological factors correlated to long-term recurrence of hallux valgus following distal chevron osteotomy. *Foot Ankle Int.* 2014 Dec;35(12):1262-7. doi: 10.1177/1071100714548703. Epub 2014 Sep 5. PMID: 25192724.

RÉSUMÉ

Contexte : L'Hallux valgus est la déformation la plus fréquemment rencontrée en pathologie de l'avant-pied. L'ostéotomie Scarf et l'ostéotomie en Chevron restent les deux techniques les plus utilisées de nos jours. L'objectif de cet essai est de comparer ces deux ostéotomies en termes de fiabilité et degrés de satisfaction des patients en mettant la lumière sur la facilité d'exécution, le temps opératoire, le pouvoir correcteur de chaque technique et la fréquence des complications. **Méthodes :** 62 cas d'Hallux valgus ont été randomisés en 2 groupes (31 traités par ostéotomie Scarf et 31 par ostéotomie en Chevron), opérés de décembre 2016 à janvier 2021 (50 mois). Les patients ont été évalués cliniquement, et radiologiquement selon le système de cotation fonctionnelle de l'American College of Foot and Ankle Surgeons 1st module (ACFAS), et le système de cotation de l'American Orthopaedic Foot & Ankle Society (AOFAS) avant et après chirurgie. **Résultats :** après 42.7 mois de suivi : le score AOFAS est passé de 46 à 83/100 pour le groupe Scarf contre 53 à 85/100 du groupe chevron (Pv = 0.777). Le score ACFAS presque similaire est passé de 45 à 80/100 pour le groupe Scarf contre 54 à 78/100 du groupe chevron (Pv = 0.422). L'HVA s'est corrigée de 33 à 13 degrés dans le groupe Scarf, et de 29.5 à 12.6 degrés dans le Chevron. L'IMA a été corrigée de 17 à 8 degrés et de 15.6 à 8.3 dans les groupes Scarf et Chevron respectivement. La durée moyenne de l'acte chirurgical était de 65,2 ± 13,1 min pour le groupe Scarf contre 57,8 ± 11,4 min pour le groupe Chevron (Pv : 0.021). **Conclusions :** Les deux ostéotomies possèdent un pouvoir de correction angulaire presque similaire avec un P value > 0.05. L'ostéotomie en Chevron est techniquement plus facile à réaliser, l'utilisation constante d'une ostéosynthèse par vissage en compression assure une stabilité adéquate avec larges déplacements permettant son indication même dans les formes sévères d'Hallux valgus. L'ostéotomie Scarf reste une technique fiable à long terme, mais exigeante avec un temps opératoire et une courbe d'apprentissage plus longs.

Mots clés : Hallux valgus, ostéotomie Scarf, ostéotomie en Chevron, essai comparatif randomisé.

abstract

Background: *Hallux valgus is the most frequently encountered deformity in fore-foot pathology. The Scarf osteotomy and the Chevron osteotomy remain the two most commonly used techniques today. The objective of this trial is to compare these two osteotomies in terms of reliability and patient satisfaction, highlighting the ease of execution, operative time, corrective power of each technique, and the frequency of complications. Methods:* 62 cases of Hallux valgus were randomized into 2 groups (31 treated with Scarf osteotomy and 31 with Chevron osteotomy), operated from December 2016 to January 2021 (50 months). Patients were evaluated clinically, and radiologically according to the American College of Foot and Ankle Surgeons 1st module (ACFAS) functional scoring system, and the American Orthopaedic Foot & Ankle Society (AOFAS) scoring system before and after surgery. **Results:** After 42.7 months of follow-up: the AOFAS score increased from 46 to 83/100 for the Scarf group versus 53 to 85/100 for the Chevron group ($P_v = 0.777$). The almost similar ACFAS score increased from 45 to 80/100 for the Scarf group versus 54 to 78/100 of the Chevron group ($P_v = 0.422$). HVA corrected from 33 to 13 degrees in the Scarf group, and from 29.5 to 12.6 degrees in the Chevron. IMA corrected from 17 to 8 degrees and from 15.6 to 8.3 in the Scarf and Chevron groups, respectively. The mean surgical time was 65.2 ± 13.1 min for the Scarf group versus 57.8 ± 11.4 min for the Chevron group ($P_v: 0.021$). **Conclusions:** Both osteotomies have almost similar angular correction power with a P value > 0.05 . The Chevron osteotomy is technically easier to perform, the constant use of compression screw fixation ensures adequate stability with large displacements allowing its indication even in severe forms of Hallux valgus. The Scarf osteotomy remains a reliable technique in the long term, but demanding with a longer operating time and learning curve.

Key words: *Hallux valgus, Scarf osteotomy, Chevron osteotomy, randomized controlled trial.*

Adresse: Université Salah Boubnider Constantine 3 - Faculté de médecine de Constantine.

Email: bouziditarek@rocketmail.com

خلاصة

الخلفية: إبهام القدم الأرواح هو التشوه الأكثر شيوعًا في أمراض مقدمة القدم. لا يزال قطع عظم الوشاح و قطع عظم شيفرون هما الأسلوبان الأكثر استخدامًا اليوم. الهدف من هذه التجربة هو مقارنة هذين العظمين من حيث الموثوقية ورضا المريض ، وتسهيل الضوء على سهولة التنفيذ ، ووقت العملية ، والقوة التصحيحية لكل تقنية ، وتكرار المضاعفات. الطريقة: تم السيطرة على 62 حالة من أرواح الإبهام الأرواح في مجموعتين (31 تم علاجها بقطع عظم الوشاح و 31 حالة بقطع العظم من طراز شيفرون) ، تم إجراؤها من ديسمبر 2016 إلى يناير 2021 (50 شهرًا). تم تقييم المرضى سريريًا وأشعاعيًا وفقًا لنظام التسجيل الوظيفي للكلية الأمريكية لجراحي القدم والكاحل (ACFAS) ونظام التسجيل التابع للجمعية الأمريكية لجراحة القدم والكاحل (AOFAS) قبل الجراحة وبعدها. النتائج: بعد 42.7 شهرًا من المتابعة: تم تععيد درجة AOFAS من 46 إلى 83/100 لمجموعة Scarf مقابل 53 إلى 85/100 لمجموعة Chevron (Pv = 0.777). زادت درجة ACFAS المماثلة تقريبًا من 45 إلى 80/100 لمجموعة Scarf مقابل 54 إلى 78/100 لمجموعة Chevron (Pv = 0.422). تم تصحيح HVA من 33 إلى 13 درجة في مجموعة Scarf ، ومن 29.5 إلى 12.6 درجة في Chevron. تم تصحيح IMA من 17 إلى 8 درجات ومن 15.6 إلى 8.3 في مجموعتي Scarf و Chevron ، على التوالي. كان متوسط الوقت الجراحي $65.2 \pm$ 13.1 دقيقة لمجموعة Scarf مقابل 57.8 ± 11.4 دقيقة لمجموعة Chevron (Pv: 0.021). يعتبر قطع العظم من شيفرون أسهل من الناحية الفنية ، ويضمن الاستخدام المستمر لتثبيت المسامير الانضغاطي ثباتًا مناسبًا مع عمليات إزاحة كبيرة تسمح بمؤشره حتى في الأشكال الشديدة من أرواح الإبهام. يظل قطع عظم الوشاح تقنية موثوقة على المدى الطويل ، ولكنها تتطلب وقت تشغيل أطول ومنحنى تعليمي.

الكلمات الأساسية: إبهام القدم الأرواح ، قطع عظم الوشاح ، قطع عظم شيفرون ، تجربة معشاه ذات شواهد.

