

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE: RAPPELS	3
1. L'os.....	4
1.1. Croissance osseuse	4
1.1.1 Acteurs de la croissance	4
1.1.1.1 Le cartilage de croissance.....	4
1.1.1.2 Virole périchondrale	7
1.1.1.3 Périoste	8
1.1.2 Croissance osseuse et équilibre des zones de croissance	9
1.1.3 Regulation de la croissance osseuse.....	10
1.1.3.1 Facteurs mécaniques.....	11
1.1.3.2 Facteurs génétiques.....	13
1.1.3.3 Facteurs endocriniens	13
1.2 Consolidation osseuse	14
1.2.1 Ostéogenèse post-fracturaire	14
1.2.1.1 Histoire naturelle de la consolidation osseuse.....	14
1.2.1.2 Facteurs influençant la consolidation osseuse	17
1.2.2 Ostéogenèse en distraction	18
1.2.2.1 Généralités	18
1.2.2.2 Le régénérat osseux	20
1.2.2.3 Vascularisation du régénérat osseux.....	21
1.2.2.4 Densité osseuse du régénérat.....	22
1.2.2.5 Modélisation du régénérat osseux	23
1.3 Biomécanique.....	24
1.3.1 Rythme de distraction.....	24
1.3.2 Réponse des parties molles à la distraction.....	25
1.3.3 Retentissements osseux et articulaires	26
1.3.4 Exofixation et régénérat osseux	26
1.3.5 Principes de dynamisation	29
2. Le Membre Inférieur	30

2.1.	Anatomie de la cuisse.....	30
2.1.1.	Ostéologie du fémur.....	30
2.1.2.	Myologie de la cuisse.....	31
2.1.2.1.	Loge musculaire antero-externe	32
2.1.2.2.	Loge musculaire interne	33
2.1.2.3.	Loge musculaire postérieure.....	35
2.2.	Anatomie de la jambe.....	37
2.2.1.	Ostéologie des 2 os de la jambe	37
2.2.2.	Myologie de la jambe	40
2.3	Vascularisation et innervation du membre inférieur	45
2.3.1	Vascularisation	45
2.3.2	Innervation du membre inférieur.....	52
3.	Les Inégalités de Longueur des Membres.....	55
3.1.	Définition	55
3.2.	Historique des allongements	55
3.3.	Diagnostic des ILMI.....	58
3.3.1.	Diagnostic positif	58
3.3.2.	Retentissement des ILMI	62
3.3.3.	Etiologies.....	63
3.4.	Pronostic.....	70
3.4.1.	Généralités.....	70
3.4.2.	Planification d'un programme d'allongement.....	70
3.5.	Traitement des ILMI	76
3.5.1.	Buts.....	76
3.5.2.	Moyens et Méthodes	76
3.5.3.	Indications	91
3.5.4.	Evolution et pronostic	92
	DEUXIEME PARTIE : NOTRE ETUDE	98
	MATERIEL ET METHODES	99
1.	Cadre d'étude	99
2.	Matériels et méthodes.....	100
2.1.	Type d'étude.....	100
2.2.	Matériels.....	100

2.2.1.	Critères d'inclusion	100
2.2.2.	Critères de non inclusion.....	100
2.2.3.	Population étudiée	100
2.3.	Planification pre-opératoire.....	101
2.3.1.	Clinique	101
2.3.2.	Paraclinique	103
2.3.3.	Technique chirurgicale et soins post-opératoires	105
2.3.4.	Rééducation fonctionnelle.....	119
2.3.5.	Ablation du matériel.....	119
2.3.6.	Paramètres étudiés.....	119
RESULTATS		124
3.	Résultats	125
3.1.	Données anatomo-cliniques	125
3.1.1.	Indications	125
3.1.2.	Raccourcissement.....	125
3.1.3.	Stabilité articulaire	126
3.1.4.	Amplitude des mouvements en pré-opératoire.....	126
3.1.5.	Allongement effectué	127
3.1.6.	Aspect du régénérat.....	128
3.2.	Aspects thérapeutiques	128
3.2.1.	Installation et anesthésie.....	129
3.2.2.	Type d'allongement et site de l'allongement	130
3.2.3.	Type de Fixateur externe.....	131
3.2.4.	Site de corticotomie.....	132
3.2.5.	Délai avant distraction.....	132
3.2.6.	Durée du traitement et Index de consolidation.....	133
3.2.7.	Gestes adjuvants	134
3.2.8.	Rééducation	134
3.3.	Aspects évolutifs	134
3.3.1.	Complications.....	134
3.4.3.	Séquelles.....	140
DISCUSSION		141
4.	Discussion	143

4.1.	Indications opératoires	143
4.1.1.	Indications en fonction de l'importance de l'ILMI	143
4.1.2.	Indications en fonction du type d'ILMI	144
4.1.3.	Indications en fonction du type de fixateur externe	145
4.2.	Données anatomo-cliniques	146
4.2.1.	Allongement effectué	146
4.2.2.	Délai avant distraction.....	148
4.2.3.	Index de consolidation	149
4.2.4.	Site de corticotomie.....	150
4.2.5.	Aspect du régénérat.....	150
4.3.	Complications.....	151
4.3.1.	Per-opératoires	152
4.3.2.	Post-opératoires immédiates.....	152
4.3.3.	A la phase d'allongement et de consolidation.....	153
4.4.	Séquelles.....	173
4.4.1.	Douleur.....	173
4.4.2.	Mobilité du genou	173
4.5.3.	Mobilité de la hanche	174
CONCLUSION		175
REFERENCES.....		179
ANNEXES		196

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Extrémité d'un os long en croissance (chondroépiphyse).....	5
Figure 2: Cinétique de la croissance de l'os long	5
Figure 3: Aspect histologique du cartilage de croissance métaphysaire à la virole périchondrale	7
Figure 4: Aspect histologique de la virole périchondrale	8
Figure 5: Constitution des différents cartilages de croissance du membre	10
Figure 6: Migration des éléments musculo-tendineux métaphysaires au fur et à mesure de la croissance osseuse	12
Figure 7: Courbe de Frost.....	13
Figure 8: Phases de la consolidation osseuse	16
Figure 9: Coupes histologiques	21
Figure 10: Aspect radiographique de l'artère nourricière ininterrompue. L'artériographie était faite au 30 ème jour de fixation a) Incidence face / b) Incidence profil.....	22
Figure 11: Modélisation de l'ostéogenèse en distraction.....	24
Figure 12: Ostéologie du fémur	31
Figure 13: Loge antérieure de la cuisse.....	33
Figure 14: Loge interne de la cuisse.....	34
Figure 15: Loge postérieure de la cuisse	36
Figure 16: Ostéologie du tibia.....	38
Figure 17: Ostéologie du péronè	39
Figure 18: Membrane inter-osseuse	40
Figure 19: Loge antérieure de la jambe.....	42
Figure 20: Loge latérale de la jambe	43
Figure 21: Loge postérieure de la jambe	44
Figure 22: Vascularisation artérielle du membre inférieur	47
Figure 23: Organisation principale du système valvulaire.....	50
Figure 24: Vascularisation veineuse du membre inférieur.....	50
Figure 25: Réseau lymphatique superficiel du membre inférieur	52
Figure 26: Rapports vasculo-nerveux de la cuisse	54
Figure 27: Systématisation cutanée innervation sensitive du membre inférieur.....	55
Figure 28: G.A. Ilizarov	57
Figure 29 : Pr SY lors de son séjour à Kurgan (Russie)	58

Figure 30: ILMI frustré	59
Figure 31: Mesure ILMI (Distance EIAS-MI)	60
Figure 32: Téléradiographie des membres inférieurs.....	60
Figure 33: ILMI majeure avec équinisme compensateur du pied.....	63
Figure 34: Les 5 courbes évolutives d'inégalité de longueur des membres inférieurs.....	64
Figure 35: Fémur droit congénital, 40% de raccourcissement du fémur par rapport au côté sain.	67
Figure 36: Ectromélie longitudinale externe	68
Figure 37: Ectromélie longitudinale interne avec pied varus équin.....	68
Figure 38: Ossification de la crête iliaque (test de Risser).....	72
Figure 39: Courbe de croissance du fémur distal et du tibia proximal chez la fille et chez le garçon d'après Green et Anderson	74
Figure 40: a. Graphique de la ligne droite de Moseley b. Graphique reproduit dite de Moseley	76
Figure 41: Epiphysiodèse tibiale supérieure par agrafes de Blount	79
Figure 42: Epiphysiodèse fémorale inférieure par vissage selon Métaizeau	81
Figure 43: Epiphysiodèse par plaque en "8"	81
Figure 44: Allongement par clou centro-médullaire a- clou d'allongement fémoral Albizzia b- clou d'allongement fémoral ISKD.....	84
Figure 45: Allongement fémoral par la méthode de Wagner.....	85
Figure 46: Allongement fémoral par FE Ilizarov	86
Figure 47: Allongement fémoral progressif par FE Orthofix.....	88
Figure 48: Distracteur type TSF (Taylor special Frame)	89
Figure 49: Classification de Simpson	97
Figure 50: Mesure ILMI avec technique des planchettes.....	101
Figure 51: Mesure ILMI par la technique du mètre ruban.....	102
Figure 52 : Télémétrie des membres inférieurs.....	103
Figure 53: FE Orthofix	106
Figure 54: Matériels standard FE Ilizarov.....	111
Figure 55: Pièces de connexion du FE Ilizarov.....	112
Figure 56 : Coupes anatomiques de la cuisse et de la jambe.	114
Figure 57: Montage d'un FE Ilizarov au niveau du fémur	115
Figure 58: Corticotomie métaphysaire au niveau fémur sur FE Ilizarov	116
Figure 59: A: Ancillaire Hoffman 2 B: Rotule et porte fiches Hoffman 2	117

Figure 60: Montage d'un FE Hoffman au niveau du fémur.....	118
Figure 61: Type et site d'allongement selon la classification de Shevtsov.....	120
Figure 62: Classification du regenerat selon Chiaki	121
Figure 63: Répartition des différentes étiologies	125
Figure 64: Stabilité articulaire en fonction du FE	126
Figure 65: Mobilité préopératoire du genou et de la hanche en flexion en fonction du FE...	127
Figure 66: Résultats de l'allongement en fonction du FE.....	128
Figure 67: Aspect du régénérat en fonction du FE.....	128
Figure 68: Répartition des patients selon le type d'anesthésie.....	129
Figure 69: Répartition des patients selon l'utilisation de l'amplificateur de brillance	129
Figure 70: Répartition des patients selon le type d'installation	130
Figure 71: Type d'allongement.....	130
Figure 72: Site de l'allongement monosegmentaire	131
Figure 73: Répartition des patients selon le type de fixateur externe	131
Figure 74: Site de corticotomie en fonction du type de fixateur externe	132
Figure 75: Délai avant distraction en fonction du type de FE.....	133
Figure 76: Durée du traitement en fonction du FE.....	133
Figure 77: Index de consolidation en fonction du type de FE	134
Figure 78: Répartition des complications mécaniques à la phase d'allongement en fonction du FE	135
Figure 79: Type de déformation en fonction du FE à la phase d'allongement.....	136
Figure 80: Type d'infections en fonction du FE durant la phase d'allongement	137
Figure 81: Répartition de l'état des orifices des broches des patients selon la classification de Moore and Dahl.....	137
Figure 82: Complications mécaniques à la phase de consolidation en fonction du FE	139
Figure 83: Type de déformation en fonction du FE	139
Figure 84: Type d'infections à la phase de consolidation en fonction du FE.....	140
Figure 85: Mobilité post opératoire du genou en fonction du FE	140
Figure 86: Mobilité post-opératoire de la hanche en fonction du FE.....	141
Figure 87: Allongement par la technique d'Ilizarov	146
Figure 88: Egalisation après allongement fémoral par FE Ilizarov.....	148
Figure 89: A Aspect interne du régénérat au début de l'allongement sur FE Orthofix B: Aspect externe du regénérat à la phase de consolidation	151
Figure 90: Refend cortical lors d'un allongement fémoral par FE Ilizarov.....	152

Figure 91: Cal vicieux en varus + flectum du fémur après allongement Orthofix.	156
Figure 92: Subluxation postérieure du genou (Série Ilizarov)	158
Figure 93 : A : consolidation précoce du préoné sur allongement jambe (FE orthofix)	159
Figure 94 : fracture clinique du régénérat	161
Figure 95: A: Fracture du régénérat B: Ostéosynthèse par plaques vissées d'une fracture régénérat	162
Figure 96: Tassement complet du cal lors de la dynamisation	164
Figure 97: Infections orifices de broches sur FE Ilizarov	165
Figure 98: Infections orifices des broches stade 5 avec mise en évidence de séquestres [9].	167
Figure 99: Escarres de contact (Face postérieure de la cuisse)	167
Figure 100: Abduction fragment proximal sur FE Orthofix	171
Figure 101: Cure pseudarthrose du regenerat par plaque DHS.....	171
Figure 102: Mobilité post opératoire du genou après mise en place des fiches distales, genou en flexion.....	174

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Evaluation de la mobilité articulaire	104
Tableau II: Evaluation de la mobilité articulaire.....	120
Tableau III: Problèmes et complications des allongements d'après Tachdjian	122
Tableau IV: Classification de la gravité des complications selon Caton et coll	123
Tableau V : Classification du déroulement d'un allongement selon Caton et coll.....	123
Tableau VI: Complications biologiques globales durant la phase d'allongement.....	136
Tableau VII : Comparaison des ILMI moyennes selon les auteurs	144
Tableau VIII : Comparaison des étiologies selon les auteurs	145
Tableau IX: Allongement moyen selon les séries	147
Tableau X : Délai de distraction selon les auteurs	149
Tableau XI: Index de consolidation selon les auteurs.....	150
Tableau XII: Fracture du régénérat selon les séries	160
Tableau XIII: Pourcentage infections selon les séries.....	166

INTRODUCTION

L'attitude vicieuse, la boiterie sont autant de motifs de consultation en orthopédie derrière lesquelles on pourrait retrouver une inégalité de longueur des membres inférieurs (ILMI). Qu'elles soient d'origine congénitale ou acquise, l'inégalité naît soit de la brièveté d'un membre ou au contraire de son hypercroissance.

Elle peut être minime posant peu de problèmes ou entrer dans le cadre de grandes malformations avec un handicap considérable [21].

Le diagnostic étiologique permet d'établir le pronostic. Cependant l'établissement de ce pronostic reste délicat. Les méthodes prévisionnelles de croissance demeurant toujours imprécises chez l'enfant et l'adolescent.

Les techniques d'allongement sont appliquées très largement au traitement des inégalités de longueur des membres inférieurs et supérieurs. Elles sont même utilisées chez les sujets de petite taille afin de leur donner une stature acceptable.

On distingue les allongements extemporanés réservés aux petites inégalités et les allongements progressifs beaucoup plus réalisés. Ils ont beaucoup évolué au cours de ces décennies avec l'apparition de nouveaux fixateurs facilitant l'association des corrections axiales aux allongements. L'allongement progressif par fixateur externe a débuté dans les années 2004 au Sénégal avec la RESRO.

Le programme d'allongement est un long chemin difficile parsemé de complications qui n'ont trouvé que très lentement leur explication et parfois leur solution. Particulièrement au niveau du fémur où d'importantes masses musculaires s'opposent à l'elongation.

Dans ce travail, nous avons effectué une étude rétrospective biocentrique sur 11 ans allant du 1^{er} janvier 2005 au 1^{er} janvier 2016 au service d'orthopédie au sein de l'hôpital général de Grand Yoff (HOGGY) et au centre hospitalier de l'ordre de Malte de Dakar (CHOM).

Notre objectif était d'analyser les résultats thérapeutiques des allongements par fixateur externe et de recenser les complications propres à l'exofixation.

PREMIERE PARTIE: RAPPELS

1. L'OS

1.1.Croissance Osseuse

Le cartilage de croissance assure la croissance en longueur au niveau des os longs. Il est indissociable d'une entité plus globale que constitue la chondro-épiphyse.

La chondro-épiphyse constitue à la fois une unité histologique, fonctionnelle et vasculaire. Toute lésion de cette région peut avoir un retentissement sévère sur la croissance.

Cette croissance obéit à des lois précises. Certaines sont parfaitement connues, d'autres sont encore mystérieuses et font l'objet de théories parfois contradictoires.

Les mécanismes de régulation de la croissance sont complexes (génétiques, socioéconomiques, endocriniens et mécaniques) et il est difficile de les dissocier.

L'observation clinique répétée reste indispensable pour effectuer une prévision fiable de la stature en fin de croissance.

Les courbes de croissance, abaqes, corrélées aux mesures d'âge osseux permettent d'effectuer de telles prévisions avec une précision intéressante.

Ces évaluations tiennent compte du caractère non-linéaire de la croissance ainsi que du comportement propre à chaque cartilage de croissance.

Les perturbations de la croissance sont multiples (locales, régionales ou générales).

1.1.1 Acteurs de la croissance

1.1.1.1 Le cartilage de croissance

Le cartilage de croissance est indissociable d'une entité plus globale que constitue la chondro-épiphyse.

Celle ci est une structure anatomique pluri-tissulaire, située à chacune des 2 extrémités d'un os long.

Son rôle est double et consiste à assurer la croissance en longueur de l'os diaphysaire et permettre la croissance volumique des extrémités osseuses.

A la naissance, la plupart des chondro-épiphyse ne sont encore formées que de cartilage hyalin (cartilage de croissance). Une seule est présente constamment à la naissance ; il s'agit de l'extrémité distale du fémur.

Le ou les noyaux d'ossification de chaque chondro-épiphyse apparaissent à des périodes précises de la croissance post-natale et permet l'évaluation de l'âge osseux.

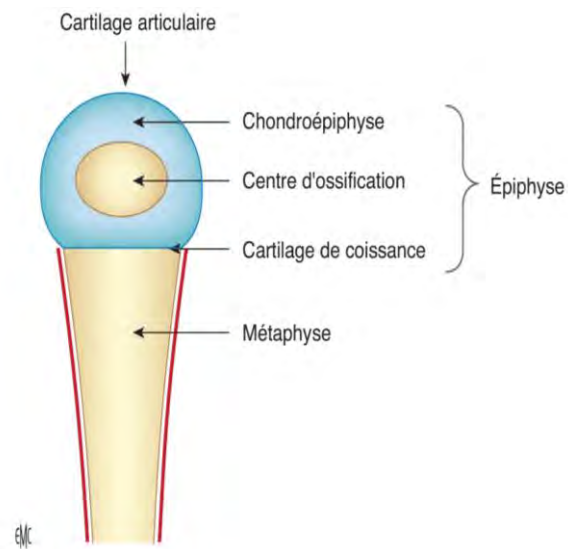


Figure 1: Extrémité d'un os long en croissance (chondroépiphyse) d'après EMC [69]

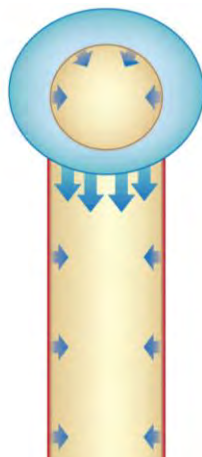


Figure 2: Cinétique de la croissance de l'os long d'après EMC [69]

Ce cartilage de croissance est composé de 4 couches de l'épiphyse vers la métaphyse dont la finalité est un processus d'ossification enchondrale.

Les chondrocytes vont se multiplier régulièrement en produisant autour d'eux une substance fondamentale.

Dans la couche de cellules germinales ou couche de réserve, les cellules sont petites, disposées de façon éparses au milieu d'une substance fondamentale abondante. Le rythme des divisions cellulaires y est lent. C'est une zone de stockage. Sa vascularisation est d'origine épiphysaire.

La couche de cellules sériées ou en colonnes se présente sous forme de 5-30 cellules empilées en colonnes. Les divisions cellulaires au sommet des colonnes sont intenses. C'est dans cette couche que va se constituer l'allongement de l'os. L'épaisseur des colonnes est d'ailleurs le témoin de l'activité du cartilage de croissance concerné. La vascularisation y est riche, également d'origine épiphysaire.

La couche de cellules hypertrophiques correspond à la zone de maturation. Les chondrocytes se vacuolisent, les noyaux se fragmentent et la substance fondamentale se raréfie. C'est une zone vasculaire et fragile. C'est à ce niveau que se produisent les décollements épiphysaires.

La dernière couche dite de cellules dégénératives est la zone d'ossification. Les cellules éclatent et évoluent vers la nécrose chondrocytaire. Les logettes sont alors vides et deviennent le siège d'une invasion vasculaire d'origine métaphysaire.

Les capillaires métaphysaires sont dépourvus d'endothélium à leur extrémité, ce qui favorise l'extravasation sanguine dans les logettes cartilagineuses. Des bandes de cartilage minéralisé apparaissent.

Le cartilage calcifié est remplacé le long de la ligne d'invasion vasculaire par de l'os. Ce tissu ostéoïde ou spongieux primaire est progressivement remplacé par un os plus structuré ou spongieux secondaire.

Tout autour des chondrocytes se trouve une substance fondamentale formée de protéoglycanes et de collagène. C'est à ce niveau que vont se produire les phénomènes de calcification.

A la fin de la croissance, le cartilage de croissance s'atrophie et il survient une désorganisation cellulaire puis les vaisseaux épiphysaires et métaphysaires s'anastomosent,

constituant une véritable épiphysiodèse physiologique.

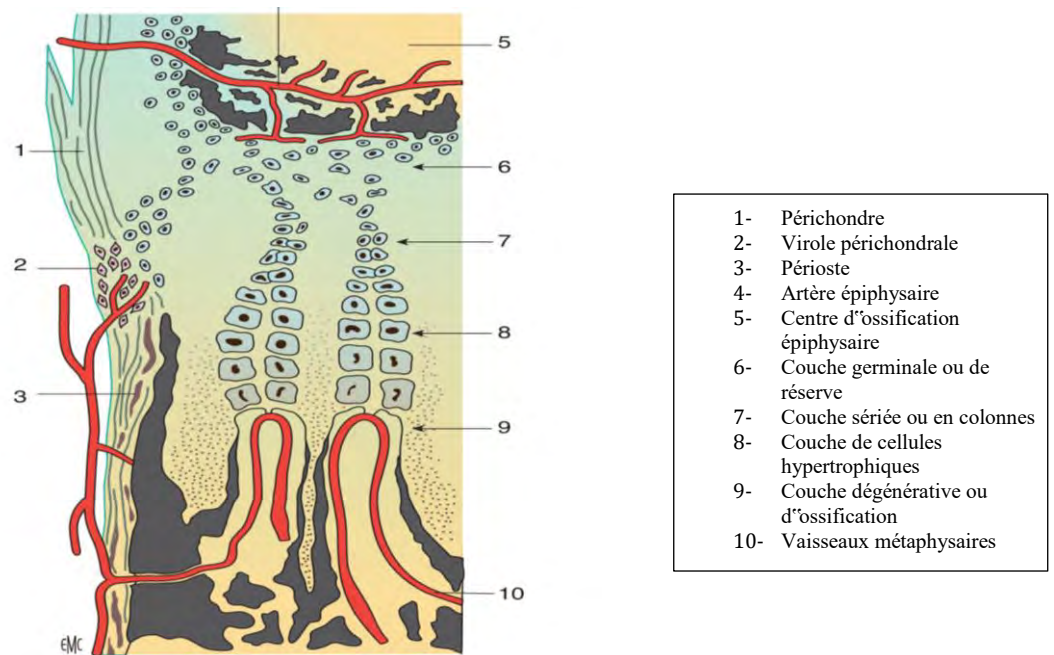


Figure 3: Aspect histologique du cartilage de croissance métaphysaire à la virole péricondrale d'après EMC [69]

1.1.1.2 Virole péricondrale

La physe est entourée de 2 structures, l'encoche d'ossification de RANVIER et la virole péri-chondrale de LACROIX.

La virole est constituée d'un réseau collagène-fibreux en continuité avec le périoste vers la métaphyse et le péri-chondre vers la chondro-épiphyse. La virole peut être représentée comme un joint circulaire qui assure la stabilité mécanique de la physe.

Une autre disposition anatomique de la physe favorise sa résistance aux cisaillements ; il s'agit des processus mamillaires.

La limite entre le cartilage de croissance et la métaphyse n'est pas un plan, mais une surface tomenteuse constituée de ces processus mamillaires, permettant un meilleur ancrage du cartilage de croissance sur la métaphyse.

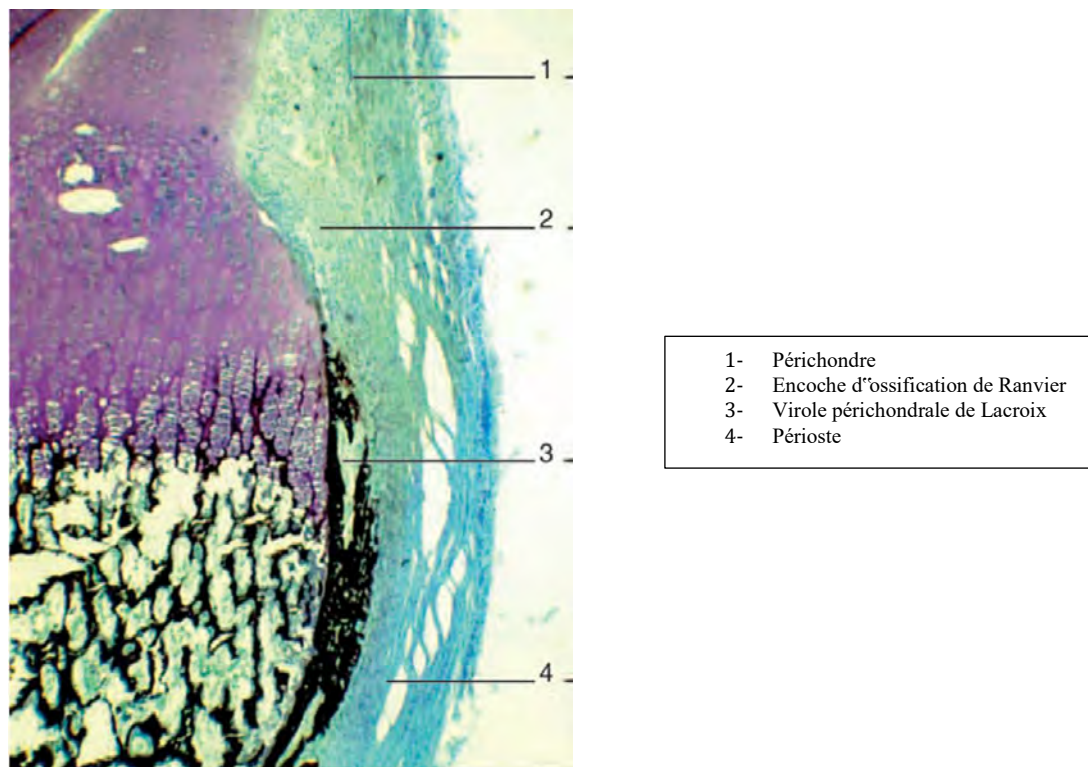


Figure 4: Aspect histologique de la virole péri-chondrale d'après EMC [69]

1.1.1.3 Périoste

Il engaine sur toute sa longueur la diaphyse et la métaphyse et s'interrompt au niveau du cartilage de conjugaison en se fixant à la virole périchondrale.

Le périoste est une membrane très épaisse chez l'enfant et permet à l'os de grandir en épaisseur par sa face profonde ostéoformatrice et autorise le remodelage osseux. Cette action a été résumée par la loi de Wolf [132] qui considère que les appositions périostées se constituent aux endroits mécaniquement contraints. Ce processus présent chez l'adulte est beaucoup plus marqué chez l'enfant.

La conservation du périoste est essentielle pour obtenir dans de bonnes conditions un allongement par callotasis. Lorsque le périoste est réséqué au moment de la corticotomie, la formation du cal est notoirement perturbée.

C'est ainsi que la préservation absolue du périoste est plus importante que le geste de corticotomie fait dans les règles de l'art.

1.1.2 Croissance osseuse et équilibre des zones de croissance [48,49]

Il existe une balance d'activité entre les cartilages de croissance situés aux 2 extrémités des os longs.

La croissance des cartilages de conjugaison est respectivement de 30 % pour l'extrémité supérieure et de 70 % pour l'extrémité inférieure du fémur.

Ainsi le genou est responsable de 65 % de la croissance

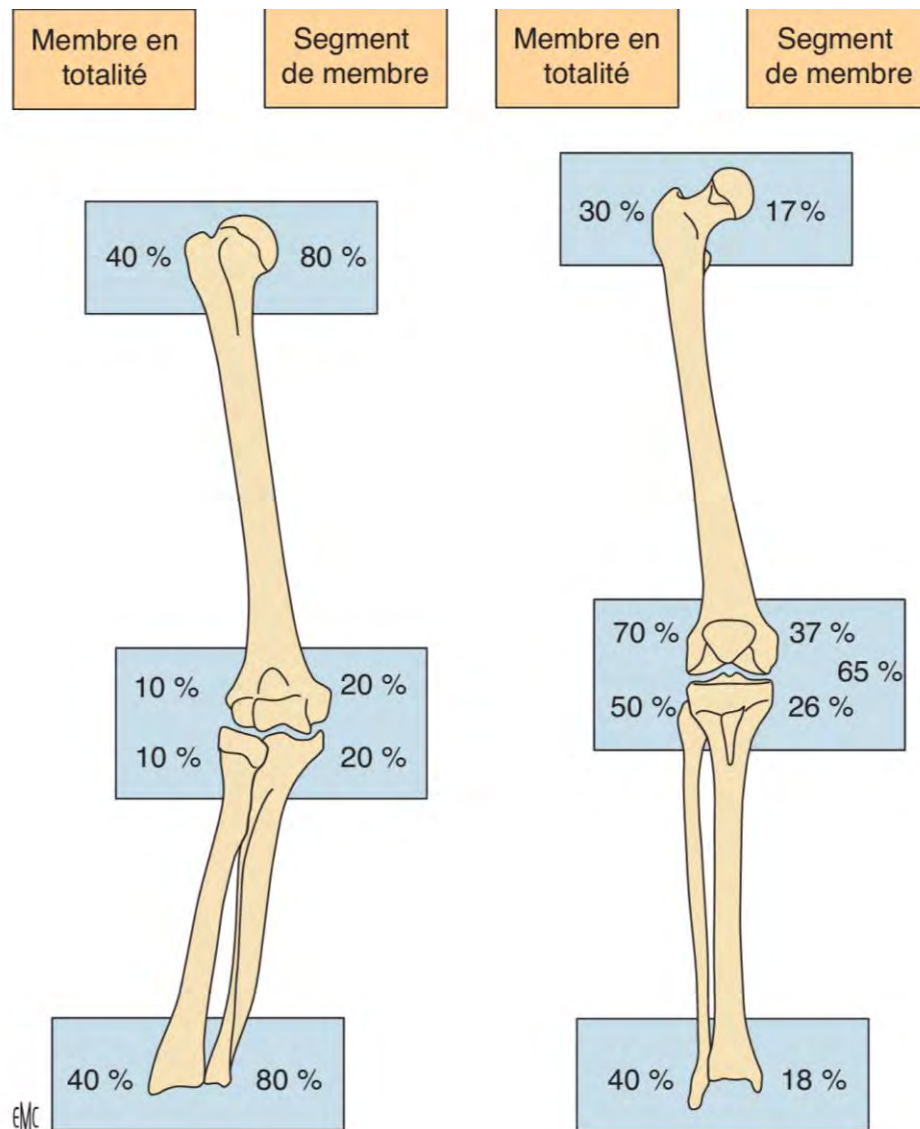


Figure 5: Constitution des différents cartilages de croissance du membre d'après Dimeglio [48,49]

1.1.3 Régulation de la croissance osseuse

Les éléments régulateurs de la croissance sont nombreux [54]. Certains sont évidents (facteurs

génétiques, ethniques et familiaux). Par contre, d'autres font toujours l'objet de controverses et sont à prendre en compte dans le processus d'allongement.

1.1.3.1 Facteurs mécaniques

En effet, les contraintes appliquées au cartilage de croissance peuvent varier en intensité, en direction et en cycle de production amenant des réponses différentes de la physe. Un bon nombre de théories, de lois ont été énoncées sans qu'aucune ne puisse aujourd'hui expliquer clairement et de façon reproductible la réponse du cartilage de croissance aux contraintes mécaniques.

Delpech [47], en 1828, postule qu'une augmentation de pression sur le cartilage de croissance diminue la vitesse de croissance alors qu'une hypopression l'augmente.

A l'inverse, Volkman, en 1862 [127], considère qu'une hyperpression augmente l'activité du cartilage de croissance. Cette théorie repose sur le fait que lorsqu'apparaît une angulation anormale, la région du cartilage de croissance située en regard de la concavité présente une croissance supérieure à celle correspondant à la convexité. Cette notion est reprise par Pauwels [99] en 1977.

En 1979, Frost [56] a proposé une théorie qui stipule que le cartilage de croissance doit être soumis à une compression optimale pour fonctionner au maximum de ses capacités. Selon sa théorie, le cartilage de croissance possède une activité de base qui est faible, observée lorsqu'il n'existe aucune contrainte en compression. A partir d'un certain degré de compression, qui correspond à la situation physiologique, le cartilage est stimulé. Au delà d'un seuil en situation pathologique, le cartilage est inhibé. Cette théorie de Frost est séduisante, mais reste à ce jour controversée.

En effet, s'il est clairement démontré in vivo que les contraintes mécaniques en compression freinent l'activité du cartilage de croissance, il n'a jamais été démontré qu'une faible dose de compression, même appliquée seulement quelques minutes par jour, ait un quelconque effet stimulant sur le cartilage de croissance [93].

La théorie du rebond, décrite par Bonnel [14] apporte peut-être un élément de réponse à ces controverses. Elle montre que si on applique une compression inférieure à 32 N pendant un mois sur des cartilages distaux de fémurs de lapin et que cette compression est ensuite

supprimée, non seulement la croissance reprend, mais sa vitesse est supérieure à la normale pendant 4-5 jours. Ce phénomène est appelé « overshoot ». Soumis à l'apesanteur, un cartilage de croissance voit son épaisseur diminuer en particulier dans la zone hypertrophique.

Concernant la distraction, plusieurs travaux ont montré que la distraction du cartilage de croissance s'accompagnait d'une augmentation de l'épaisseur du cartilage de croissance sans augmentation du nombre de cellules contenues dans la zone de prolifération avec une relation de dose à effet [118]. Ces éléments sont à la base de l'allongement osseux par chondrodiastasis [45].

Ainsi, il paraît évident que la croissance d'un os long ne peut se faire que grâce à un glissement survenant entre les éléments musculo-tendineux, le périoste et la structure osseuse.

Les insertions tendineuses et ligamentaires métaphysaires qui pontent la chondroépiphyse, comme par exemple la patte d'oie, restent à une distance constante de l'interligne articulaire. Or de telles structures devraient en toute logique être retrouvées en fin de croissance au niveau médiodiaphysaire. Leur situation anatomique constante ne peut être interprétée que par l'existence d'un phénomène de glissement actuellement non expliqué clairement.

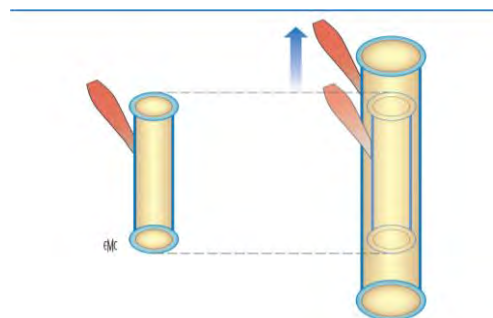
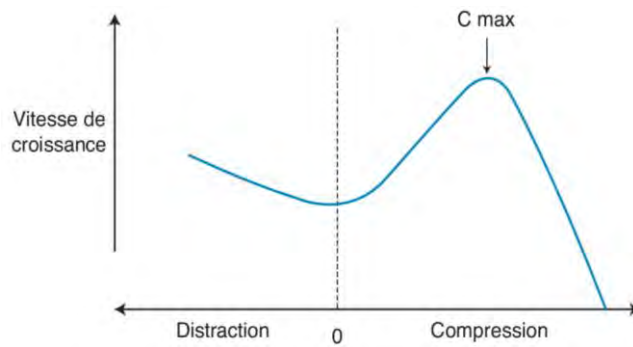


Figure 6: Migration des éléments musculo-tendineux métaphysaires au fur et à mesure de la croissance osseuse d'après EMC [69]



En ordonnée, la vitesse de croissance. En abscisse, les forces s'exerçant sur le cartilage de croissance. À gauche du 0, les forces en distraction entraînent une stimulation de la croissance. À droite du 0, les forces en compression entraînent tout d'abord une stimulation de la croissance jusqu'à une valeur maximale à partir de laquelle il y a diminution.

Figure 7: Courbe de Frost d'après EMC [69]

1.1.3.2 Facteurs génétiques

Les facteurs génétiques sont présents tout au long de la période de croissance. Nous avons vu dès la période anténatale que certains éléments tels que la trochlée fémorale sont présents. Ils interviennent également de façon évidente sur les proportions des différents segments et la taille finale. La taille finale prévisible ou taille cible est proposée selon une règle simple :

$$[TC = TP \text{ (cm)} + TM \text{ (cm)} \pm 13 \text{ (selon le sexe)}] / 2$$

(TC = taille cible ; TP = taille père ; TM = taille mère)

1.1.3.3 Facteurs endocriniens

Ils sont nombreux. Nous nous limitons aux facteurs essentiels :

- L'hormone de croissance (growth hormone [GH]) : elle est sécrétée par l'antéhypophyse. Elle est elle-même dépendante d'un facteur stimulant hypothalamique (growth hormone releasing hormone [GH-RH]). Elle agit sur l'os par l'intermédiaire de facteurs de croissance insuline growth factor-I (IGF-I) sécrétés par le foie. L'action de l'IGF-I se fait directement sur le cartilage de croissance. La sécrétion de GH est nocturne, elle se fait de manière pulsatile ;

- Les stéroïdes sexuels : c'est l'augmentation massive des stéroïdes sexuels au moment de la puberté qui déclenche la sécrétion d'hormones de croissance et, par conséquent, la production hépatique d'IGF-I. L'action des stéroïdes sexuels est double, d'une part, par l'intermédiaire de l'hormone de croissance, d'autre part, par action directe sur le cartilage.

L'action se fait par l'intermédiaire des oestrogènes qui ont une action de progression et de maturation osseuse.

Ils sont essentiellement responsables de la fusion des cartilages de croissance. Ses oestrogènes sont obtenus chez l'homme à partir de l'aromatisation de la testostérone.

- Les hormones thyroïdiennes : elles stimulent la croissance et la maturation osseuse.
- Les glucocorticoïdes : ils sont impliqués dans la croissance, mais surtout peuvent provoquer un blocage de celle-ci par un excès d'apport endogène.
- Le complexe hormone vitamine D-calcitonine : il s'agit essentiellement d'un groupe agissant sur la minéralisation osseuse par l'intermédiaire de l'équilibre phosphocalcique.

1.2 Consolidation osseuse [50]

1.2.1 Osteogenèse post-fracturaire

1.2.1.1 Histoire naturelle de la consolidation osseuse

La formation du cal osseux passe par 4 phases successives :

- **La phase inflammatoire**

Lors d'une fracture, les vaisseaux sanguins présents à l'intérieur de l'os et du périoste, et peut être aussi dans les tissus voisins, se rompent, ce qui provoque une hémorragie.

Il s'ensuit la formation d'un hématome (masse de sang coagulé) à l'endroit de la fracture.

Peu après, les cellules osseuses qui ne sont plus alimentées meurent et le tissu du site de la fracture enfle, devient douloureux et présente une inflammation.

- **La phase du cal mou**

Dans les quelques jours qui suivent jusqu'à la 3ème semaine, plusieurs phénomènes contribuent à la formation d'un tissu de granulation mou.

Des capillaires s'infiltrent dans l'hématome, des macrophagocytes envahissent la région et se mettent à évacuer les débris.

Pendant ce temps, des fibroblastes et des ostéoblastes du périoste et de l'endoste voisins pénètrent dans le site de la fracture, puis amorcent la reconstruction de l'os.

Les fibroblastes produisent des fibres collagènes qui s'étendent d'un bord à l'autre de la fracture, reliant ainsi les 2 bouts de l'os fracturé ; certains fibroblastes se différencient en chondroblastes, qui sécrètent une matrice cartilagineuse.

A l'intérieur de cette masse de tissu reconstitué, les ostéoblastes commencent à former de l'os réticulaire, mais ceux qui sont les plus éloignés des capillaires nourriciers sécrètent une matrice de type cartilagineuse qui fait saillie vers l'extérieur et qui finit par se calcifier.

Cet ensemble de tissu reconstitué qu'on appelle cal fibro-cartilagineux ou cal primaire forme une éclisse pour l'os fracturé.

- **La phase de cal dur**

Entre la 3ème semaine et le 3ème mois, de nouvelles travées osseuses commencent à apparaître dans le cal fibro-cartilagineux.

Celui-ci est alors graduellement converti en un cal osseux et se poursuit jusqu'à ce que l'os soit fermement soudé.

- **La phase de remodelage et de modelage**

Dès le début de sa formation et pendant plusieurs mois par la suite, le cal osseux subit un remaniement. Les matériaux en excès à l'extérieur de la diaphyse et à l'intérieur de la cavité médullaire sont éliminés, et le corps de l'os est reconstruit par un dépôt d'os compact.

Après le remaniement, on constate que la structure de la région remodelée est semblable à celle de l'os normal non fracturé, car elle est soumise aux mêmes sollicitations mécaniques.

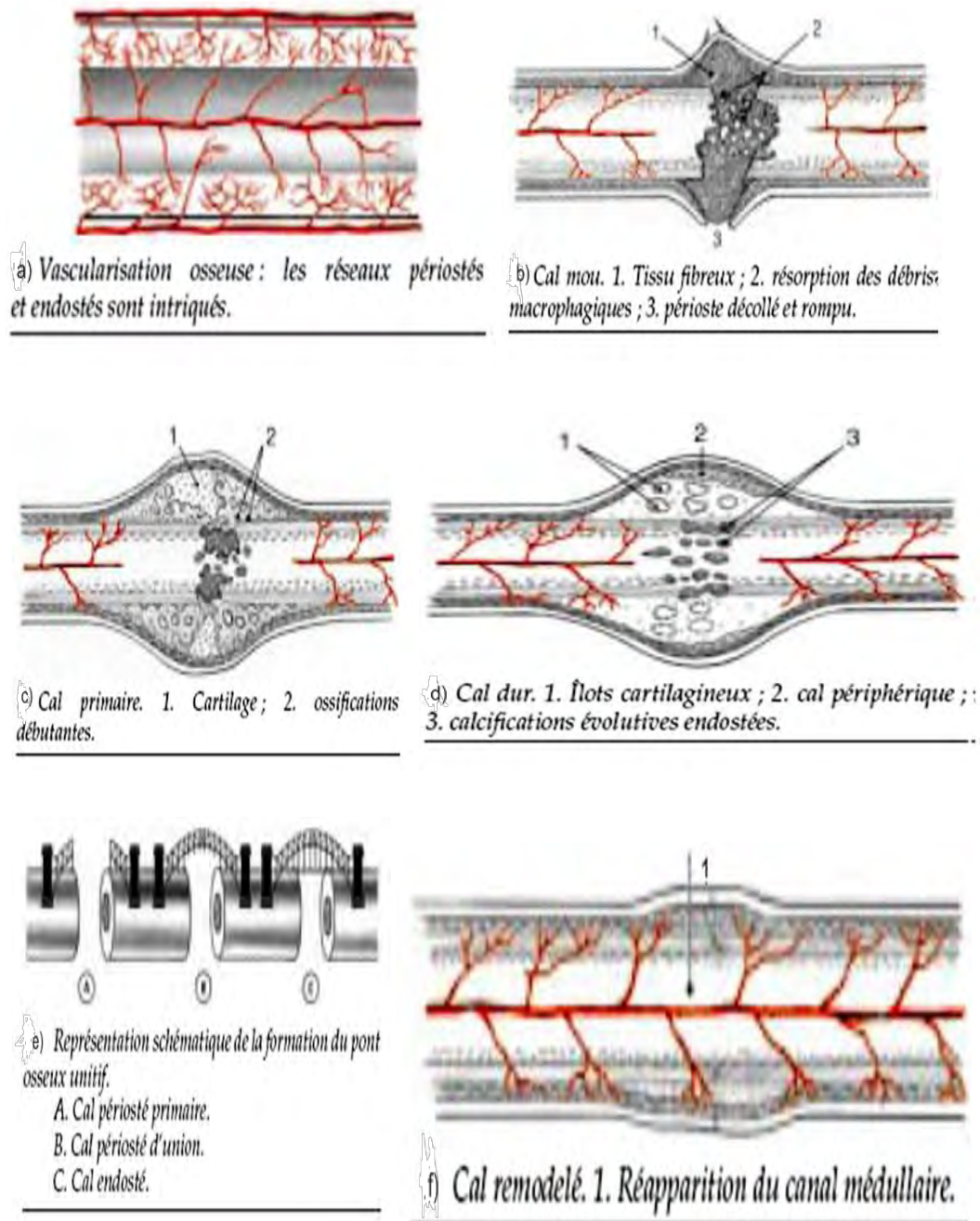


Figure 8: Phases de la consolidation osseuse d'après EMC [69]

1.2.1.2 Facteurs influençant la consolidation osseuse

- **Facteurs circulatoires**

Ils ont été beaucoup étudiés, en particulier par Rothman et par Heppenstall [60].

L'anémie avec hypovolémie entraîne une diminution de l'élasticité de l'os et un retard de consolidation ;

L'anémie avec normovolémie n'a pas d'effet sur la consolidation.

L'hypoxie chronique, obtenue, par shunt artério-veineux, entraîne un retard de consolidation avec une diminution du module d'élasticité du cal.

- **Facteurs hormonaux**

Ray [104] et Tylkowski [123] ont montré que l'action des hormones sur la consolidation était identique à leur action sur le cartilage de croissance.

L'hypophysectomie entraîne un retard de consolidation ; l'injection d'hormone de croissance (GH) prévient cet effet.

La thyroxine n'est pas indispensable à la consolidation.

L'ACTH de même que l'hydrocortisone peuvent retarder ou arrêter la consolidation, surtout par le biais d'une diminution de l'ossification endostée, mais ceci à hautes doses [114].

Par contre, le patient addisonien consolide normalement [10].

- **Facteurs nutritionnels**

La vitamine C est nécessaire à la synthèse du collagène et le scorbut entraînerait une non consolidation des fractures.

Il faut une diète très sévère en calcium ou en vitamine D pour obtenir expérimentalement un effet négatif sur la consolidation.

L'administration pharmaceutique de vitamines ou de calcium est tout à fait inutile.

- **Facteurs bioélectriques**

Ils jouent sans doute un rôle. Les expériences de stimulation électrique de fractures fraîches par Brighton (28) par champ électromagnétique pulsé, ont toutes montré un effet positif dépendant d'ailleurs du mode d'administration des courants, de la fréquence, de l'intensité, de la forme du signal.

Le rôle des facteurs bioélectriques comme agents exécutants des lois de Wolff est très vraisemblable mais non prouvé actuellement.

- **Facteurs mécaniques**

Unthoff (29) a montré que l'immobilisation provoquait une perte osseuse d'autant plus importante que l'os est distal. Cette ostéopénie se localise uniquement à la surface du périoste. Les observations cliniques confirment clairement l'ostéoporose de non utilisation.

La mobilisation intempestive empêche la consolidation unitive et il en résulte des pseudarthroses hypertrophiques avec extrémités renflées.

La compression inter-fragmentaire augmente la stabilité mais pas l'ostéogénèse.

- **Facteurs circadiens**

La qualité de la consolidation dépend de la place de la fracture dans le nycthémère. Il semble que cela soit sous la dépendance du taux de GH circulant lors de la fracture. Or, ce taux varie beaucoup au cours du nycthémère.

1.2.2 Ostéogénèse en distraction

1.2.2.1 Généralités

On appelle ostéogénèse en distraction, le mécanisme qui induit la formation d'os nouveau entre deux extrémités osseuses qui sont progressivement et graduellement écartées l'une de l'autre.

Durant cette distraction un tissu fibreux vasculaire se constitue et s'aligne parfaitement au sens de distraction pendant que les colonnes osseuses néoformées comblent l'espace interfragmentaire.

Lorsque les conditions biologiques et mécaniques sont idéales, l'os néoformé est issu d'un mécanisme d'ossification membranaire.

Depuis une quinzaine d'années, l'utilisation de la fixation externe s'est avérée être un moyen idéal pour étudier les phénomènes d'ostéogenèse ou de réparation osseuse tant sur le plan expérimental que sur le plan clinique.

C'est au début des années 80 que les chirurgiens orthopédistes occidentaux ont eu connaissance des travaux conduits par Ilizarov. Les travaux expérimentaux menés par cet auteur dans les années 60 et 70 ont permis de dégager 6 idées [66-67] :

- Pour obtenir une ostéogenèse dans de bonnes conditions pendant un allongement de membre, il est nécessaire de préserver les tissus ostéogènes (périoste, endoste et os cortical).

- Avec une fixation externe stable et en distraction, on observe dans l'espace osseux distracté un phénomène d'ostéogenèse (ou régénérat osseux) qui se fait directement sans étape intermédiaire fibreuse ou cartilagineuse.

- L'observation d'un délai de quelques jours entre l'interruption de la continuité osseuse et le début de la distraction est nécessaire pour permettre l'amorce de la régénération et de la consolidation osseuse.

- Une distraction lente et dosée crée dans la zone de distraction des sollicitations mécaniques qui sont à l'origine d'une ostéogenèse spontanée au voisinage des segments osseux.

- Le régénérat osseux formé se remodèle rapidement sous l'effet de facteurs cellulaires et chimiques afin d'acquérir la structure naturelle de l'os.

- L'utilisation fonctionnelle du membre appareillé et distracté à l'aide du fixateur externe stimule la formation du cal osseux et son ossification

Dans les années 80, De bastiani et son équipe à Vérone [43-46] codifient les bases de deux méthodes d'allongement de membres :

D'une part la callotasis qui consiste à effectuer une distraction osseuse en région métaphysaire ou diaphysaire après avoir observé un délai de plusieurs jours entre le moment de l'interruption osseuse et le début de la distraction ; ce délai est nécessaire pour que se constitue le cal primitif qui sera secondairement allongé.

D'autre part, la chondrodiastasis, méthode avec laquelle le fixateur externe est utilisé comme moyen de distraction du cartilage de conjugaison ; cette technique ne s'applique que chez l'enfant et elle n'est pas dénuée de risques, notamment en ce qui concerne la vitalité du cartilage de croissance comme l'ont bien démontré De Bastiani et coll [43-44].

1.2.2.2 Le régénérat osseux

Les conditions expérimentales étant les mêmes partout (interruption de la continuité osseuse par corticotomie ; début de l'allongement au 7^{ème} jour post opératoire ; vitesse d'allongement de 0,25 mm 4 fois par jour), il est possible d'établir les éléments chronologiques suivants :

-Au 7^{ème} jour de distraction, l'espace inter fragmentaire est occupé par un tissu à la fois fibreux et vasculaire.

-Au 14^{ème} jour de distraction, du tissu osseux néoformé est observé en petite quantité au voisinage des surfaces osseuses corticotomisées. Cet os néoformé se dispose de façon circonférentielle et prend naissance aussi bien à partir du tissu spongieux que du périoste ou de l'os cortical

-Au 21^{ème} jour de distraction, l'os néo-formé précédemment décrit se différencie en se présentant sous forme de micro-colonnes d'un diamètre maximal de 200 microns. Le centre de l'espace inter-fragmentaire est constitué d'un tissu fibreux contenant quelques traces de calcium et d'hydroxyapatite non cristallisé.

Cette zone fibreuse, centrale, qu'Ilizarov appelle zone de croissance a une épaisseur de 3-4 mm. Cette épaisseur sera constante pendant toute la durée de l'allongement.

Dans cette zone de croissance, les cellules ressemblent à des fibroblastes qui produisent activement une matrice de collagène.

-Au 35^{ème} jour de distraction, l'allongement est arrêté

-Au 70^{ème} jour après le début de l'allongement, les colonnes osseuses néoformées observées dès le 21^{ème} jour se sont considérablement allongées et elles pénètrent puis traversent la zone fibreuse intermédiaire ou zone de croissance. Elles sont toutes orientées sur l'axe de distraction. Un os cortical néoformé est en cours d'élaboration.

-Au 110^{ème} jour après le début de l'allongement, le régénérat est fortement ossifié et contient un os de structure lamellaire organisé en système haversien. Le tissu hématopoïétique est présent.



Figure 9:

Coupes histologiques [34,35].

1.2.2.3

Vascularisation du régénérat osseux

Au moment de l'arrêt de l'allongement, il existe de part et d'autre de la zone de croissance un système de

vaisseaux afférents et efférents. Très peu de vaisseaux traversent de part en part la zone fibreuse ou zone de croissance centrale.

Les vaisseaux dans leur ensemble sont orientés parallèlement à l'axe de distraction et donc parallèlement aux colonnes osseuses néo-formées.

Les techniques de micro-injection ont montré que les vaisseaux afférents avaient une origine endostée.

Les études isotopiques (au technétium) ont permis de mesurer le flux vasculaire et la formation de tissu osseux. Le débit vasculaire au sein du régénérat augmente de façon très significative pendant toute la phase de distraction (du 7^{ème} au 35^{ème} jour). Il est 5-7 fois supérieur au débit normal habituel. Ce flux va décroître progressivement après la fin de

l'allongement pour retrouver son niveau basal vers le 120^{ème} jour post-opératoire.

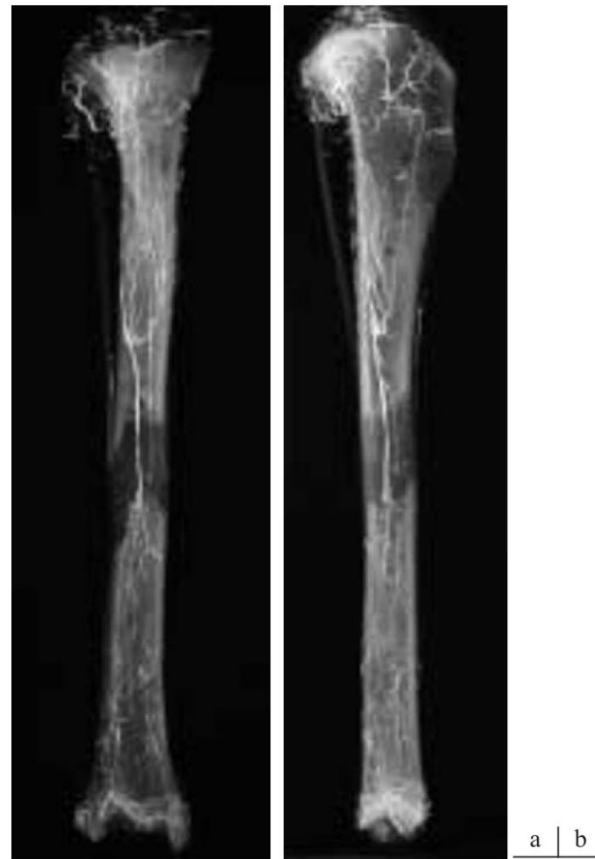


Figure 10: Aspect radiographique de l'artère nourricière ininterrompue. [29] L'artériographie était faite au 30^{ème} jour de fixation a) Incidence face / b) Incidence profil

1.2.2.4 Densité osseuse du régénérat

Les radiographies conventionnelles pratiquées régulièrement en cours d'allongement permettent de vérifier le bon alignement des segments osseux allongés et de visualiser l'espace inter-fragmentaire en cours de distraction.

Elles permettent également d'appréhender le remodelage du tissu osseux dans sa micro-structure d'os cortical avec un canal médullaire.

Si l'on veut étudier la densité minérale du régénérat, il est préférable d'utiliser la tomодensitométrie quantitative couplée à l'examen chimique post-mortem du contenu minéral (et en particulier du calcium) du régénérat. Ce type d'étude a permis de confirmer ce qu'avait écrit par ailleurs Ilizarov : 70 jours après le début de l'allongement (soit 35 jours après l'arrêt

de l'allongement) toutes les zones de distraction se sont remodelées en laissant apparaître un os cortical circonférentiel et complet de 2-3 mm d'épaisseur, solidarisé au cortex des segments osseux distractés.

1.2.2.5 Modélisation du régénérat osseux

Basé sur les études histologiques, vasculaires et de tomодensitométrie quantitative, un modèle de régénérat osseux en distraction peut être proposé.

Dans les conditions idéales, la zone de croissance, centrale et fibreuse reste radio-transparente, hypo-vasculaire et garde la même épaisseur pendant toute la phase de distraction. La densité minérale augmente progressivement depuis la zone de croissance jusque vers les surfaces osseuses de corticotomie.

Une néovascularisation s'étend depuis l'endoste jusqu'à proximité de la zone centrale de croissance qui reste relativement avasculaire. L'os néoformé apparaît rapidement et de façon homogène, en suivant un processus histologique d'ossification membranaire.

La minéralisation s'effectue au contact direct des vaisseaux. Les colonnes osseuses néoformées se présentent sous la forme de cônes de 200 microns de large et cette géométrie particulière est probablement en rapport avec l'existence d'un gradient de diffusion d'oxygène dans les cellules osseuses.

Si certaines conditions mécaniques ne sont pas remplies, le régénérat peut se rompre notamment dans la zone fibreuse centrale de croissance.

Si les conditions locales vasculaires sont insuffisantes, la minéralisation du tissu osseux est inhibée, laissant la place à un tissu fibreux d'interposition qui ouvre la porte à la pseudarthrose.

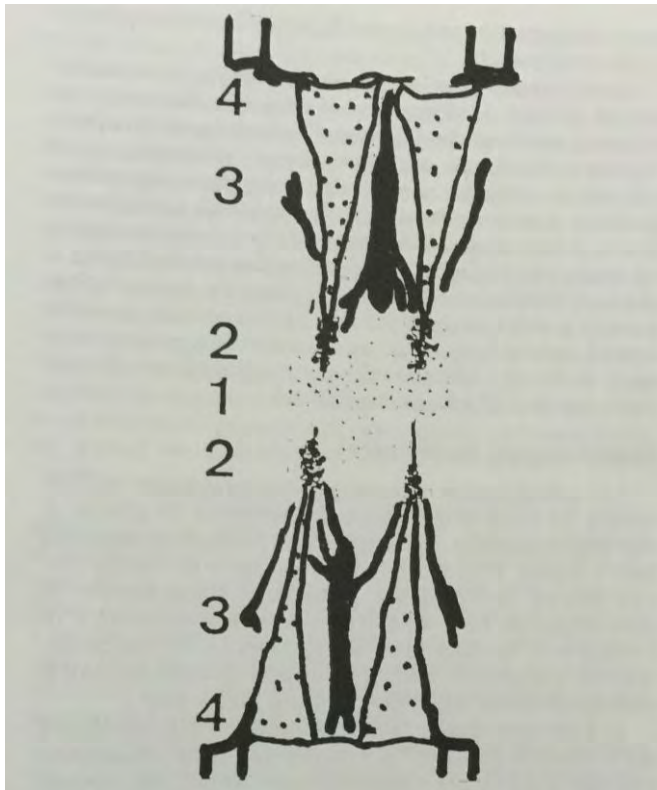


Figure 11: Modélisation de l'ostéogenèse en distraction [29]

1.3 Biomécanique

Plusieurs facteurs mécaniques intervenant dans l'ostéogenèse en distraction méritent d'être étudiés. Ils concernent successivement, le rythme de distraction, la prise en considération des forces développées au niveau des parties molles et qui s'opposent à la distraction, l'influence des divers modes de fixation externe sur l'ostéogenèse et enfin l'étude de la rigidité osseuse comme indice de consolidation.

1.3.1 Rythme de distraction

Aronson [6] et Ilizarov [7] ont montré que le rythme de distraction devait rester compris entre 1/2 et 2 mm par jour avec une moyenne de 1 mm par jour.

Un rythme d'allongement plus long est susceptible d'aboutir à une consolidation précoce.

Un rythme plus rapide perturbe la vascularisation du régénérat et inhibe sa minéralisation.

L'épaisseur de la zone fibreuse de croissance peut devenir un guide pour estimer le rythme de croissance. En effet, si l'épaisseur de cette zone de croissance devient inférieure à 2 mm, il est

nécessaire d'augmenter le rythme de distraction sous peine de voir survenir une consolidation précoce. Inversement, si l'épaisseur de cette zone de croissance dépasse 4 mm, il est plus prudent de ralentir le rythme de distraction.

Avant de débiter l'allongement, il est nécessaire que la zone de corticotomie ne soit pas distraquée de plus de 2 mm et que les fragments qui vont être soumis à la distraction ne soient pas translatés l'un par rapport à l'autre.

Ils estiment toutefois qu'une période de latence de 7 jours est nécessaire entre le moment où la corticotomie est réalisée et le début de l'allongement. Ce délai avant distraction est variable suivant la qualité technique de la corticotomie. En effet, si l'os cortical est ostéotomisé de façon prudente en respectant le tissu centro-médullaire mais aussi la membrane périostée, la distraction peut commencer dans les jours qui suivent le geste de corticotomie. Inversement, si le canal médullaire a été endommagé et si la membrane périoste a été lésée, il est préférable d'augmenter le temps de latence avant distraction jusqu'à 14 jours.

1.3.2. Réponse des parties molles à la distraction

Les tensions développées au niveau des parties molles lors d'un programme d'allongement du tibia variaient selon le type de pathologie traitée [125]. Aronson [6] et Ilizarov [7] ont mesuré les forces axiales développées lors de 12 allongements effectués à l'aide d'un fixateur de type Orthofix. Ils ont constaté que les tensions au niveau des parties molles augmentaient lentement de façon régulière et modérée lorsque la pathologie traitée était un raccourcissement d'origine traumatique.

Ces mêmes tensions apparaissaient brutalement et s'avéraient nettement plus élevées que les précédentes lorsque l'on procédait à un allongement pour malformation congénitale.

De plus l'étude histologique du tissu musculaire a permis de montrer l'apparition assez rapide d'une fibrose interstitielle. Celle-ci a été estimée responsable de l'augmentation des forces enregistrées en cours de distraction. Elle est observée de façon constante lorsque le rythme de distraction est supérieur à 1 mm par jour. Par contre ce phénomène n'apparaît pas lorsque la vitesse d'allongement reste inférieure à 1 mm.

Des études similaires ont été effectuées sur le tissu nerveux. Il a été observé que le nerf s'étire

dans son ensemble en même temps que le segment de membre allongé. Un allongement brutal égal ou supérieur à 15 % de la longueur du segment de membre allongé ne permet plus au tissu nerveux de transmettre normalement ses influx. Ce phénomène apparaît après une période de latence supérieure à 24 heures. Lors d'un allongement de membre, la force développée par les parties molles s'évaluent à 1000 newtons.

1.3.3. Retentissements osseux et articulaires

Les forces mises en jeu lors des allongements de membre par fixateur externe sont à l'origine de tensions qui s'opposent à la distraction et qui retentissent au niveau du tissu osseux et des articulations. Ces forces de réaction à l'allongement sont la plupart du temps à l'origine des déviations axiales observées et elles témoignent d'une faillite plus ou moins partielle de la rigidité globale des fixateurs externes.

Olney et Jayaraman [94] ont étudié les forces observées au niveau de la hanche et du genou lors d'un allongement expérimental du fémur. Des cellules de force avaient été placées au niveau de la hanche et du genou et les allongements ont été réalisés après ostéotomie proximale et distale. Les ostéotomies proximales sont responsables d'une augmentation importante des forces au niveau de la hanche. Ils observent le même phénomène au niveau du genou mais à ce niveau l'articulation semble moins affectée par le niveau d'ostéotomie (proximal ou distal).

Le ratio des forces enregistrées au niveau du genou et de la hanche est approximativement de 2 pour 1 avec une corticotomie distale alors qu'il n'est que de 1 pour 1 avec une corticotomie proximale.

Ainsi pour préserver la hanche d'un phénomène d'instabilité au cours d'un allongement fémoral, il est préférable d'utiliser une corticotomie distale.

Herzenberg et coll [61] ont étudié la mobilité du genou chez 25 patients au cours d'allongements effectués avec un appareil d'Ilizarov (moyenne d'allongement de 6 cm). En cours d'allongement, ils ont observé une baisse moyenne de mobilité de 37°. La perte de mobilité atteignait pratiquement 70° à la fin de la phase de consolidation. Ce n'est qu'après ablation du fixateur externe que les gains en mobilité pouvaient reprendre.

1.3.4. Exofixation et régénérat osseux

Il existe 2 grandes familles de fixateur externe : les fixateurs à fiches et les fixateurs à broches.

La stabilité du foyer d'allongement dépend de la rigidité de la fixation. D'une manière générale pour les fixateurs, cette rigidité est proportionnelle au nombre et au diamètre des fiches et inversement proportionnel à la distance os-fixateur.

Cependant elle dépend de facteurs comme :

- Géométrie des fixateurs

Un certain nombre de corrélations existe entre le mode de consolidation et la géométrie du fixateur externe utilisé [34].

- Fixateur externe mono-latéral

D'une façon générale, un fixateur externe mono latéral muni de 4 fiches a une rigidité 50 % inférieure au même type d'appareil muni de 6 fiches lorsqu'on conduit des tests en flexion dans le plan antéro-postérieur.

Les études histologiques ont confirmé que la configuration la moins rigide (4 fiches) accroît non seulement la formation de cal périosté mais augmente encore la porosité de l'os sans aucun bénéfice sur le plan de la restauration des fonctions mécaniques osseuses. De plus, la faible rigidité d'un fixateur mono-latéral à 4 fiches crée un potentiel de complications au niveau de l'interface os-fiches (ostéolyse).

- Fixateur externe en V

Cette partie de l'étude a confirmé que l'appareil le plus rigide (fixateur externe en V à 120 °) permet d'obtenir une consolidation osseuse avec un cal osseux quantitativement moins important mais qualitativement (rigidité) supérieure. Ce fait est encore plus marquant si l'on compare les résultats obtenus avec les fixateurs en cadre ou assimilés et les fixateurs mono-latéraux.

C'est ainsi qu'avec l'appareil d'Iizarov, les colonnes osseuses néoformées apparaissent parfaitement régulières et parallèles.

Avec l'appareil de Wagner (unilatéral), les colonnes osseuses néo-formées et les fibres de

collagène n'ont plus un aspect strictement parallèle.

➤ Diamètre de la fiche

Il joue un rôle prépondérant dans la rigidité du montage d'où l'intérêt théorique à dimensionner les fiches.

➤ Filetage des fiches

Les fiches filetées ont un meilleur ancrage. Leur stabilité est améliorée par rapport aux fiches lisses. Ce filetage devant être complet et prendre les 2 corticales. La variabilité du pas de filetage (1- 1,7 mm) ne semble pas nuire à la stabilité du montage

➤ Le positionnement des fiches sur l'os

La tenue des fiches dans l'os est primordiale d'où la nécessité d'un filetage des fiches.

➤ Distance entre l'os et le porte fiche

C'est la longueur utile de la fiche. C'est un élément fondamental pouvant faire varier la mobilité focale d'un facteur 3.

➤ Nombre et positionnement des fiches

Il répond à des règles précises. Le nombre de fiches est un critère de stabilité des fractures. On note une baisse des contraintes osseuses avec l'augmentation du nombre de fiches.

➤ Union entre la fiche et le porte fiche

Il se fait par l'intermédiaire d'un système articulé et constitue le maillon faible du montage. Les contraintes sont importantes au niveau de cette jonction. D'où la nécessité de procéder à un serrage parfait et régulier.

1.3.5. Principes de dynamisation

La dynamisation d'un foyer de fracture semble avoir 2 effets :

Le plus important est que les stimulations mécaniques puissent produire dans un premier temps une guérison ostéonique avec migration directe des ostéons au travers de la zone interfragmentaire et du site d'ossification enchondrale. Ainsi observé au niveau des surfaces périostée et endostée, ce phénomène peut permettre à l'os de résister aux sollicitations mécaniques. La distribution des contraintes à l'intérieur et autour du foyer de fracture peut être responsable de la maturation et de l'orientation des fibres de collagène.

Le deuxième effet qui permet d'augmenter la stabilité primaire due à la dynamisation produite par la mise en charge est celui qui est susceptible de déclencher les phénomènes de remodelage. Les processus cellulaires qui enregistrent et réagissent aux sollicitations tissulaires dues à la dynamisation sont encore inconnus.

Dans ces conditions, il devient difficile d'apprécier les valeurs qualitatives et quantitatives qu'il faut donner à la dynamisation d'un foyer de fracture ou d'allongement pour obtenir une régénération osseuse optimale.

A l'heure actuelle et sous certaines conditions, il semble que la dynamisation axiale d'un fixateur externe puisse favoriser l'ostéogenèse. Le rôle des sollicitations en flexion est encore incertain et il n'est pas prouvé que certains efforts en torsion soient véritablement néfastes à la consolidation osseuse. Il n'en reste pas moins que quelle que soit la sollicitation utilisée (compression, distraction, flexion et torsion) la valeur, la fréquence et la direction des forces à appliquer est encore incertaine [33-34].

2. Le Membre Inférieur

2.1. Anatomie de la cuisse [14]

2.1.1. Ostéologie du fémur

Définition C'est l'os de la cuisse. C'est un os long pair et symétrique comprenant une diaphyse et deux épiphyses

➤ Situation

La diaphyse fémorale s'articule :

- En haut, en dedans et en avant avec l'acetabulum de l'os coxal par sa tête.
- En bas et en avant avec la face postérieure de la patella par la trochlée fémorale.
- En bas avec le plateau tibial par ses condyles et par l'intermédiaire des ménisques.

Orientation C'est un os triangulaire à la coupe au 1/3 moyen de sa diaphyse. On lui décrit 3 faces (antérieure, postero-latérale et postero-médiale) et 3 bords (latéral, médial et postérieur). Son bord postérieur, rugueux et saillant constitue la zone d'insertion d'une grande partie des muscles de la région antérieure de la cuisse. Le relief de ce bord est si net qu'il est appelé habituellement la « ligne âpre ».

Au niveau de l'extrémité distale du fémur, le condyle médial est moins large, plus long et plus oblique que le condyle latéral. La joue latérale de la trochlée fémorale est plus haute, plus large et plus proéminente que la joue médiale évitant la luxation de la patella en dehors.

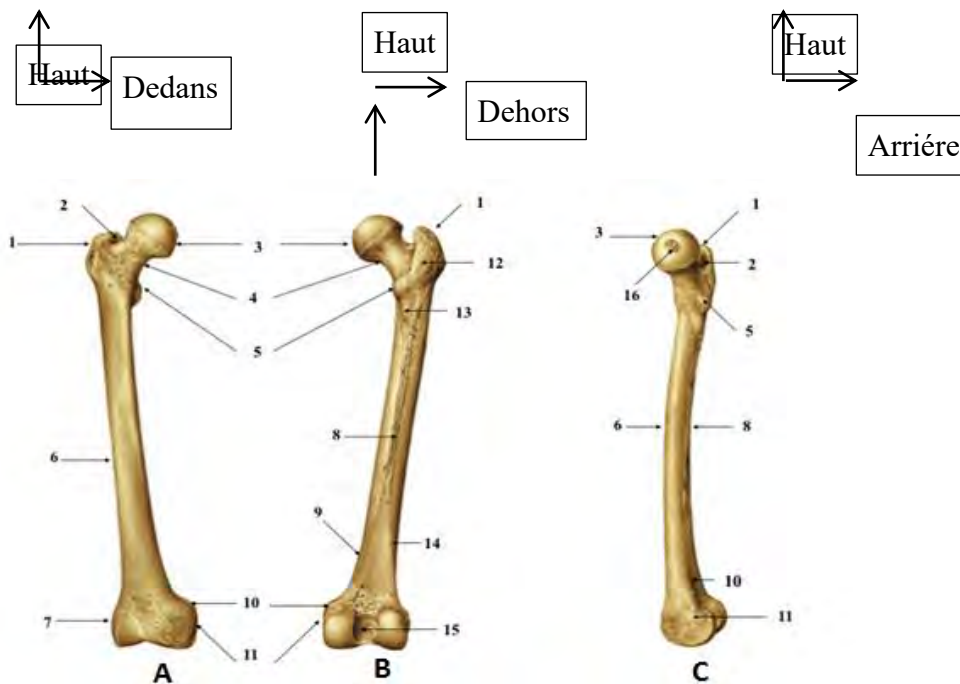


Figure 12: Ostéologie du fémur d'après Sobotta [115]

2.1.2. Myologie de la cuisse

En avant de la diaphyse fémorale, d'importantes masses musculaires sont entourées par l'aponévrose fémorale ou fascia lata, reliée au fémur par 2 cloisons inter-musculaires :

- La cloison inter-musculaire externe rejoint la crête externe de la ligne âpre et sépare le muscle vaste externe des muscles de la loge postérieure de la cuisse.
- La cloison inter-musculaire interne beaucoup moins épaisse, rejoint la crête interne de la ligne âpre séparant le muscle vaste interne et les vaisseaux fémoraux du triple plan des muscles adducteurs.

L'étude de la région de la cuisse peut être divisée en 3 loges musculaires :

- Loge antéro-externe occupée par le quadriceps et le sartorius
- Loge interne occupée par les adducteurs et le droit interne

- Loge postérieure

2.1.2.1. Loge musculaire antéro-externe

Elle comprend le muscle quadriceps formé de 4 chefs proximaux se terminant par un tendon commun : le tendon quadricipital.

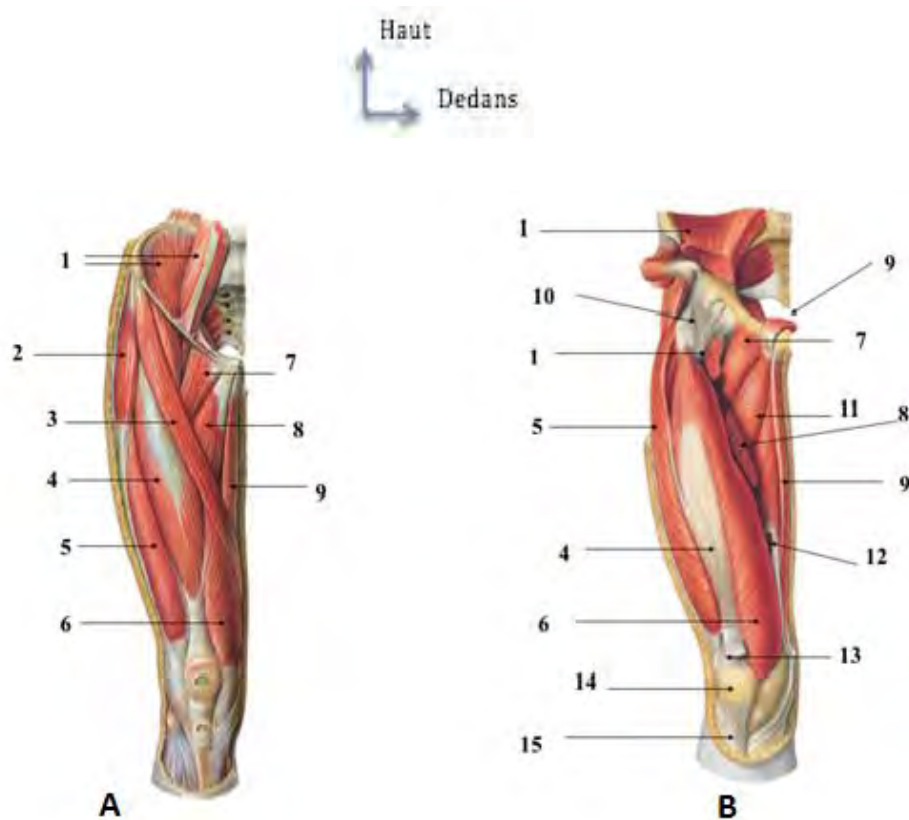
Le paquet vasculo-nerveux de cette loge est représenté par l'artère et la veine fémorale et le nerf crural.

❖ **Plan profond** : Muscle crural

❖ **Plan intermédiaire** : Muscles vastes

- Muscle vaste externe ou vaste latéral
- Muscle vaste interne

❖ **Plan superficiel** : Muscle droit antérieur (bi-articulaire)



A: Coupe frontale (Plan superficiel); B: Coupe frontale (Plan profond)

Figure 13: Loge antérieure de la cuisse d'après Sobotta [115]

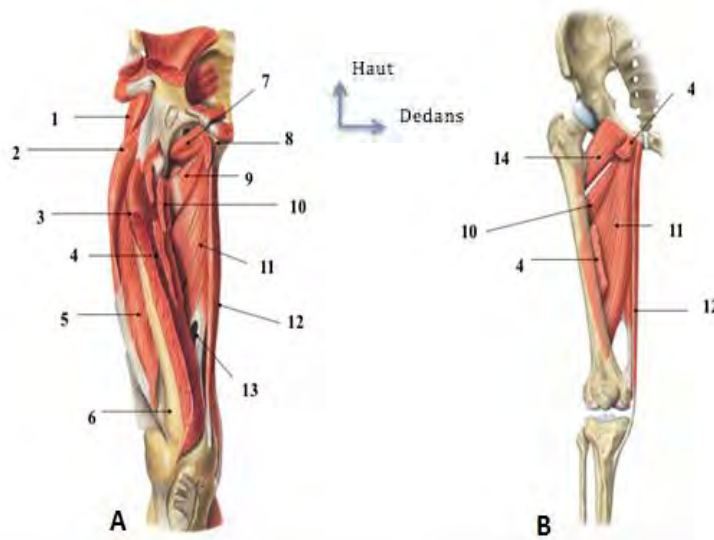
2.1.2.2. Loge musculaire interne

Elle est avant tout formée par les adducteurs, complétés en haut par le pectiné et en dedans par le droit interne. Le paquet vasculo-nerveux de cette loge est représenté par l'artère et la veine obturatrice et le nerf obturateur.

❖ Plan profond : Muscle grand adducteur et Muscle droit interne

- Muscle grand adducteur

- Muscle droit interne
- ❖ **Plan intermédiaire :** Muscle petit adducteur
- ❖ **Plan superficiel**
 - Muscle moyen adducteur ou long adducteur = 1er adducteur
 - Muscle pectine



A: Coupe frontale (plan des adducteurs); B: Coupe frontale (course des adducteurs)

Figure 14: Loge interne de la cuisse d'après Sobotta [115]

2.1.2.3. Loge musculaire postérieure

Les muscles postérieurs de la cuisse sont encore appelés « ischio-jambiers » parce qu'ils sont situés entre l'ischion et l'extrémité supérieure des os de la jambe. Ils sont bi-articulaires et sont au nombre de 3. Le pédicule vasculo-nerveux de cette loge est représenté par les artères perforantes avec leurs veines satellites et le nerf grand sciatique.

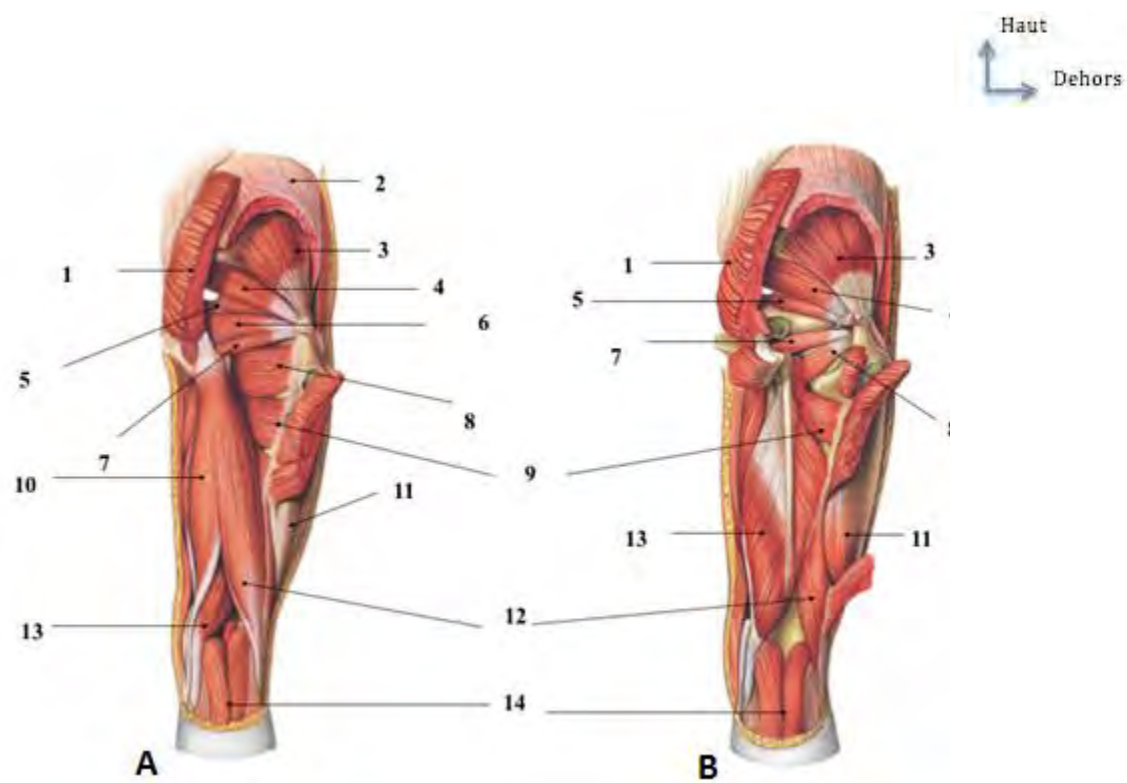
❖ Plan Profond

- Muscle demi-membraneux
- Muscle biceps fémoral ou Courte portion du biceps crural

❖ Plan superficiel

- Muscle demi-tendineux
- Longue portion du biceps crural

Les muscles ischio-jambiers sont de puissants fléchisseurs de la jambe sur la cuisse, extenseurs de la cuisse sur le bassin avec une action rotative externe (demi-membraneux). Leur rôle est capital donc dans la marche en évitant la bascule du tronc en avant.



A: Coupe frontale (plan superficiel); B: Coupe frontale (plan profond)

Figure 15: Loge postérieure de la cuisse d'après Sobotta [115]

2.2. Anatomie de la Jambe [14]

La jambe est comprise entre le genou en haut et la cheville en bas. Elle est limitée par deux lignes circulaires:

- L'une supérieure, menée immédiatement au dessous de la tubérosité tibiale antérieure
- L'autre inférieure, passant au dessus des malléoles.

Elle comprend grossièrement deux régions : antéro-externe et postérieure. Ces deux régions sont séparées par un plan ostéofibreux (la membrane interosseuse)

2.2.1. Ostéologie des 2 os de la jambe

Le squelette de la jambe comprend deux os :

- le tibia
- la fibula

Ils sont joints l'un à l'autre par leurs extrémités distale et proximale, le reste de leur trajet étant occupé par un espace interosseux. Le tibia et la fibula sont disposés longitudinalement dans la jambe ; la fibula moins volumineuse est en position latérale et postérieure par rapport au tibia.

2.2.1.1. Le tibia

C'est un os long, volumineux, situé à la partie médiale de la jambe. Il s'articule en haut avec le fémur, en bas avec le talus. Comme tous les os longs, il comprend une diaphyse et deux épiphyses.

- **L'épiphyse proximale** est volumineuse et déjetée en arrière. Elle se compose de deux masses osseuses volumineuses, les condyles tibiaux médial et latéral.
- **La diaphyse** peut être assimilée à un prisme triangulaire comportant trois faces (postérieure, latérale et médiale) et trois bords(médial latéral et antérieur).

Du côté proximal, le bord antérieur se termine par un renflement, **la tubérosité tibiale** sur laquelle s'insère le ligament patellaire.

- **L'épiphyse distale** se prolonge du côté médial en formant un relief volumineux en forme de pyramide à base quadrangulaire ; c'est la **malléole médiale**.



Figure 16: Ostéologie du tibia d'après Sobotta [115]

2.2.1.2. La fibula

C'est un os long, grêle situé à la partie externe de la jambe. Il présente à décrire une diaphyse et deux épiphyses.

L'épiphyse proximale est aussi appelée tête de la fibula. Elle présente un sommet ou apex pointu et se continue avec la diaphyse par une partie rétrécie appelée col. Son bord médial porte la surface articulaire tibiale de la fibula.

La diaphyse a la forme d'un prisme triangulaire et présente trois faces (postérieure, médiale et latérale) et trois bords : antérieur, latéral et interosseux sur lequel s'attache la membrane inter-osseuse.

L'épiphyse distale de la fibula se renfle pour former la malléole latérale. Elle est plus longue et plus volumineuse que la malléole médiale et descend plus bas que celle-ci. Elle présente une face médiale revêtue de cartilage hyalin ; c'est la surface articulaire de la malléole latérale qui s'articule avec le talus.



Figure 17: Ostéologie du péroné d'après Sobotta [115]
La membrane inter-osseuse La membrane interosseuse est en continuité avec le périoste et par celui-ci aux aponévroses. Cette membrane présente deux faces : une antérieure et une postérieure, ainsi qu'un bord proximal net et tranchant concave en haut et en dehors.

L'espace aménagé par la membrane avec la tête fibulaire permet le passage de l'artère tibiale antérieure et de ses veines satellites. Le reste de l'espace est comblé par du tissu cellulo-gras. Elle présente de petits orifices, zone de passage vasculaire du périoste.

A trois ou quatre centimètres au-dessus de la partie inférieure de la membrane, il y a médialement un passage assez important pour une petite artère qui anastomose l'artère fibulaire et l'artère tibiale antérieure. Sur toute la surface de la membrane cheminent des petits vaisseaux difficilement individualisables, qui permettent sa vascularisation. La membrane interosseuse se poursuit en bas par le ligament interosseux.

Elle est formée de faisceaux fibreux de direction oblique

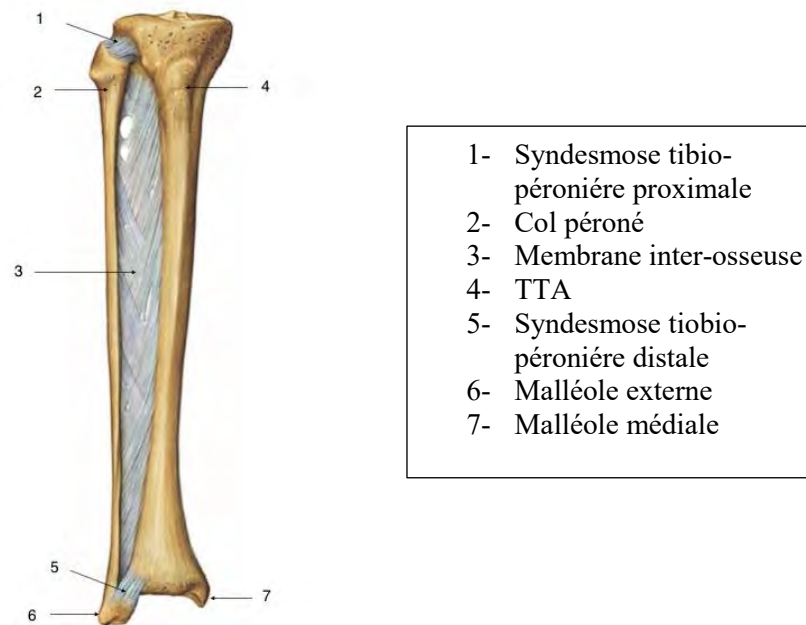


Figure 18: Membrane inter-osseuse d'après Sobotta [115]

2.2.2. Les muscles de la jambe

Les muscles de la jambe se répartissent en trois loges délimitées par des septa intermusculaires. Ce sont:

- La loge antérieure ou compartiment des extenseurs
- La loge latérale ou compartiment des fibulaires
- La loge postérieure ou compartiment des fléchisseurs.

2.2.2.1. La loge antérieure

Le groupe antérieur de la jambe du côté médial vers le latéral comprend :

- Le muscle tibial antérieur
- Le muscle long extenseur de l'hallux
- Le muscle long extenseur des orteils

- Le muscle troisième fibulaire

Le pédicule vasculo-nerveux de cette loge est constitué par l'artère péronière du tronc artériel tibio-péronier, sa veine satellite et le nerf musculo-cutané.

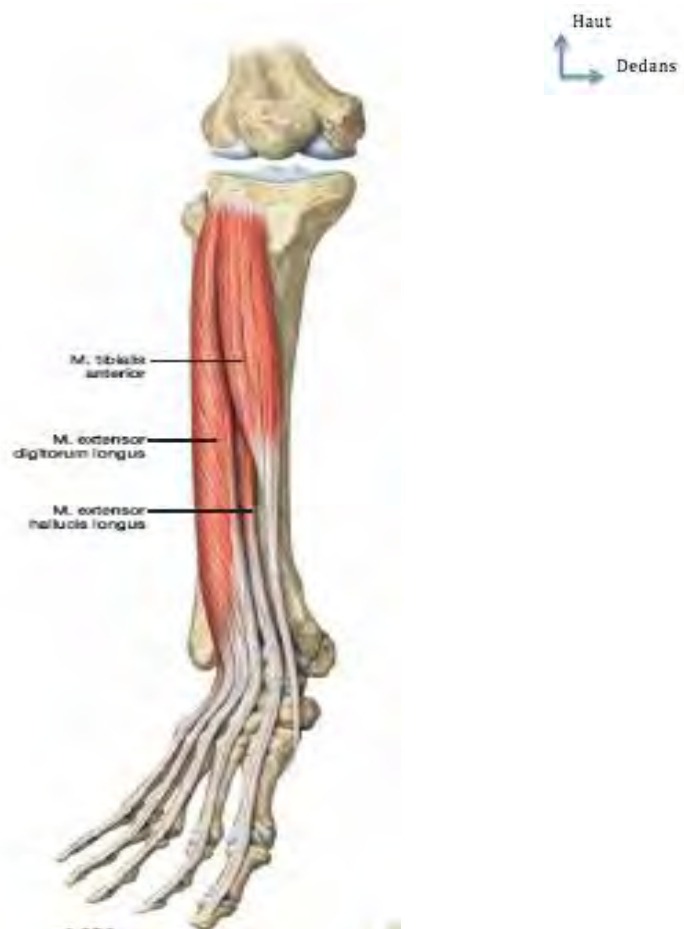


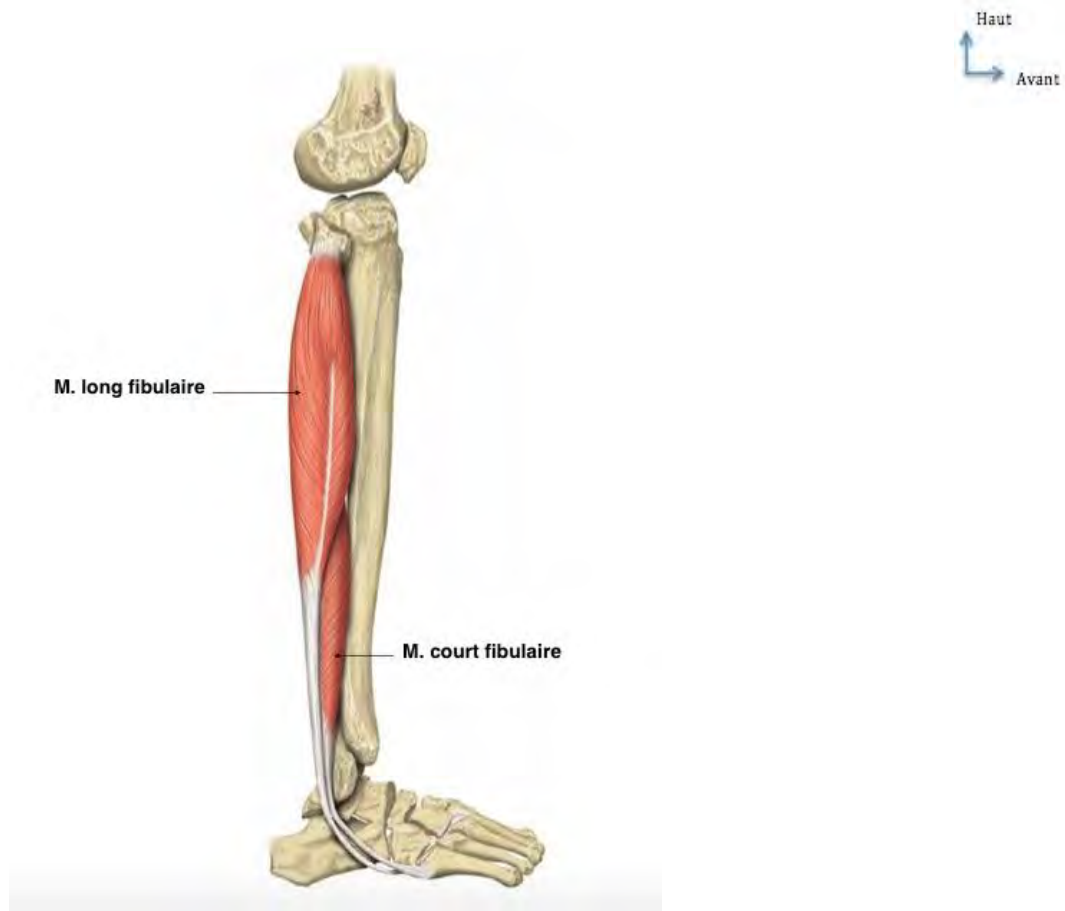
Figure 19: Loge antérieure de la jambe d'après Sobotta [115]

2.2.2.2. La loge latérale

Il renferme deux muscles :

- Le muscle long fibulaire
- Le muscle court fibulaire

Le pédicule vasculo-nerveux de cette loge est constitué par l'artère péronière du tronc artériel tibio-péronier, sa veine satellite et le nerf musculo-cutané.



Figure

20: Loge latérale de la jambe d'après Sobotta [115]

2.2.2.3. La loge postérieure

Elle est en arrière du squelette de la jambe et comprend deux plans :

❖ Plan superficiel

- Le muscle gastrocnémien
- Le muscle soléaire
- Le muscle plantaire

❖ Plan profond

- Le muscle poplité

- Le muscle long fléchisseur de l'hallux
- Le muscle long fléchisseur des orteils
- Le muscle tibial postérieur

Le pédicule vasculo-nerveux de cette loge est représenté par le tronc artériel tibio-péronier et ses branches de division: l'artère tibiale postérieure et l'artère péronière avec leur veine satellite et le nerf tibial postérieur.

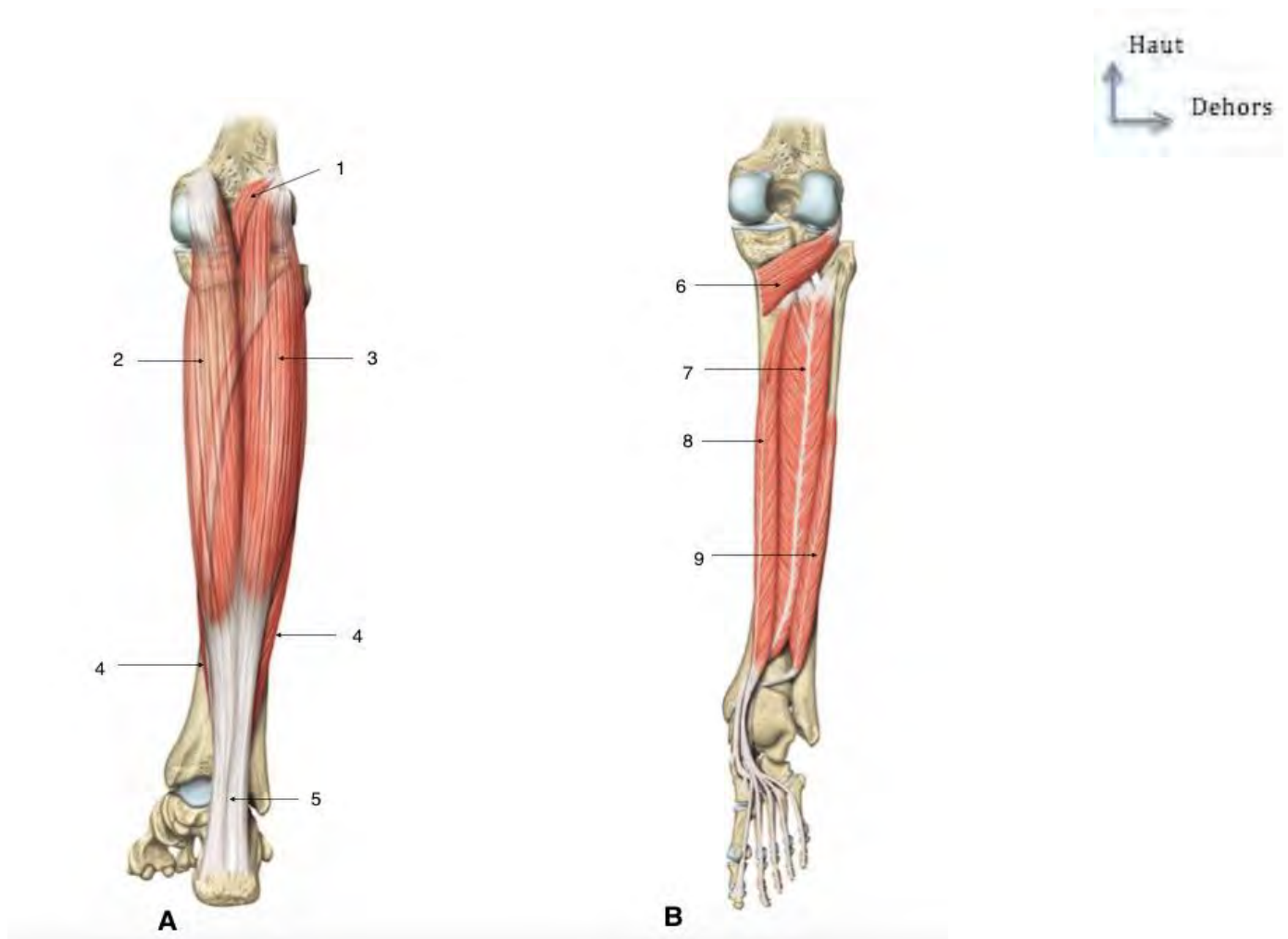


Figure 21: Loge postérieure de la jambe d'après Sobotta [115]

2.3 Vascularisation et innervation du membre inférieur [14]

2.3.1 Vascularisation

2.3.1.1 Artères

Le membre pelvien est vascularisé par un axe artériel étendu de l'aorte jusqu'à la partie proximale de la jambe et dont les segments successifs sont les artères iliaques externe, fémorale puis poplitée.

❖ Au niveau de la cuisse

L'artère fémorale commune présente un trajet court (2cm) et chemine dans le trigone fémoral ou triangle de Scarpa.

L'artère fémorale commune se divise ensuite en :

- Artère fémorale profonde sortant en dehors et en arrière du tronc de la fémorale commune. Elle donne de nombreuses branches qui participent à la vascularisation de la cuisse :
 - Artère circonflexe médiale (ou postérieure) qui gagne la région trochantérienne postérieure
 - Artère circonflexe latérale (ou antérieure) qui croise en avant la région trochantérienne
 - Artère du quadriceps (peut naître de l'artère cutanée latérale)
 - 3 artères perforantes qui passent entre les différents faisceaux des muscles adducteurs de la cuisse :

Les perforantes réalisent donc un réseau de suppléance à l'artère fémorale.

Artère fémorale (anciennement superficielle) Elle descend verticalement sur le bord antéro-médial de la cuisse, traversant la région crurale puis au 1/3 inférieur le canal de Hunter, pour passer sous l'arcade du 3ème faisceau du grand adducteur.

Elle devient alors l'artère poplitée qui croise d'avant en arrière et de dedans en dehors le fémur pour aller se placer à son extrémité inférieure. L'artère fémorale donne l'artère descendante du genou qui descend à la face antero-médiale du genou

❖ Au niveau du genou

L'artère poplitée se divise en 3 branches à la hauteur de l'arcade du soléaire sous laquelle elle passe :

- Artère tibiale antérieure : oblique vers le dehors et l'avant, elle enjambe le bord supérieur de la membrane interosseuse et passe à la face antérieure de la cuisse (loge antérolatérale). Elle donne des branches pour le cercle anastomotique du genou :
- Artère récurrente tibiale latérale ou récurrente fibulaire : croise face antérieure et latérale de la fibula.
- Artère récurrente tibiale médiale

Un tronc tibio-fibulaire qui se divise en :

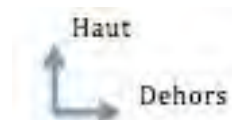
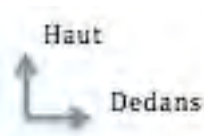
- Artère fibulaire : se place en arrière de la membrane interosseuse
- Artère tibiale postérieure : chemine entre couche profonde et superficielle de la loge postérieure.

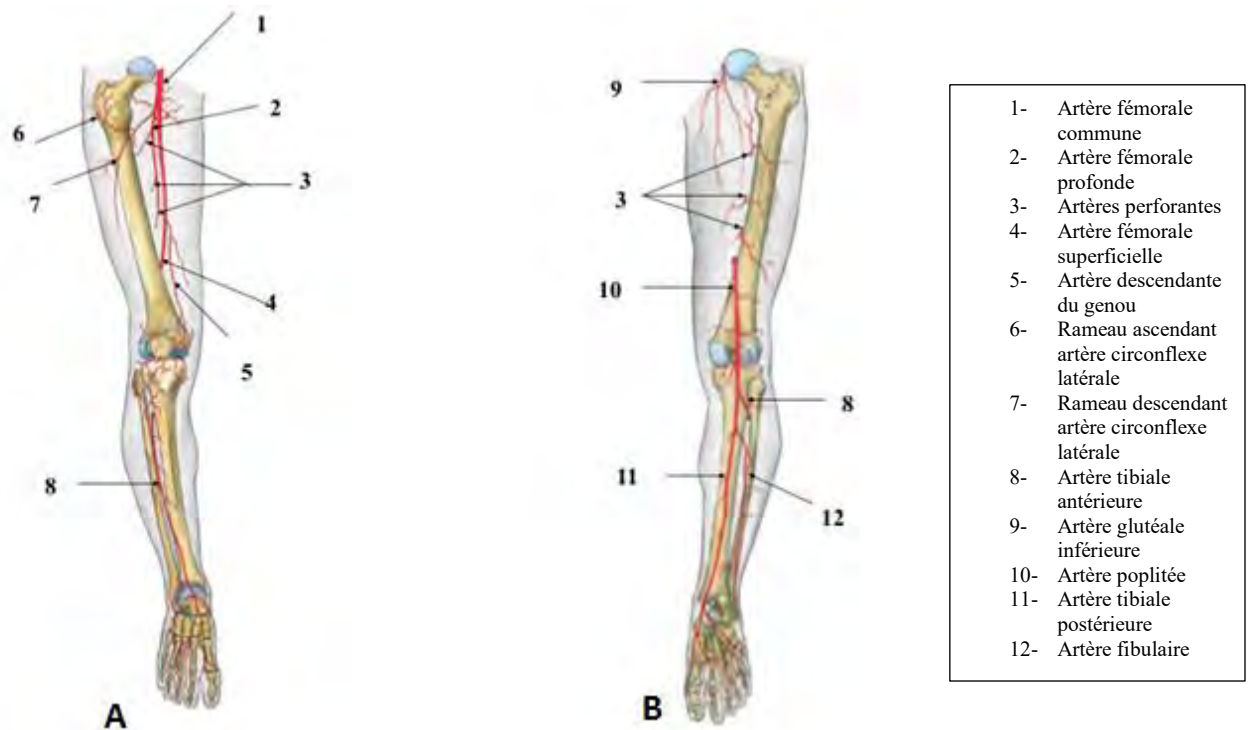
❖ Au niveau de la jambe

L'artère tibiale antérieure descend dans la loge antéro-latérale sous le muscle tibial antérieur. En passant sous le rétinaculum des extenseurs du pied, elle devient l'artère dorsale du pied ou artère pédieuse qui reste en dehors du tendon du muscle tibial antérieur et surcroise le tendon de l'extenseur propre du gros orteil. L'artère tibiale antérieure donne:

- Artère malléolaire latérale
- Artère malléolaire médiale

Artère fibulaire : chemine à la partie postérieure de la membrane interosseuse et donne l'artère sinusale qui vascularise l'astragale. L'artère tibiale postérieure chemine entre couche profonde et superficielle de la loge postérieure où elle donne de nombreuses branches à destinée musculaire. Pour passer dans le canal calcanéen, elle passe en dehors des tendons du tibial postérieur et de l'extenseur commun des orteils mais reste en dedans du fléchisseur propre du gros orteil.





A: Vue antérieure; B: Vue postérieure

Figure 22: Vascularisation artérielle du membre inférieur d'après Sobotta [115]

2.3.1.2 Veines

Les veines du membre inférieur se subdivisent en veines profondes, satellites des artères et en veines superficielles, ou sous-cutanées.

2.3.1.2.1 Réseau veineux profond

Il existe 2 veines profondes par tronc artériel

❖ Au niveau du pied

Il existe 2 veines plantaires latérales et 2 veines plantaires médiales qui vont se jeter dans les 2 veines profondes tibiales postérieures.

Il existe sur le dos du pied, 2 veines superposables à l'artère dorsale du pied ou artère pédieuse qui se jettent dans 2 veines profondes tibiales antérieures.

❖ Au niveau du genou

L'ensemble des veines profondes tibiales antérieure et postérieure vont se réunir en une seule veine : la veine poplitée, que l'on trouve dans la fosse poplitée et qui devient fémorale en passant sous l'arcade du grand adducteur.

La veine poplitée croise l'artère poplitée de dehors en dedans (forme de S italique) en passant en arrière.

La veine fémorale, dans la partie antero-latérale de la cuisse, en avant des adducteurs, croise en X l'artère fémorale superficielle de dedans en dehors, en passant en arrière de celle-ci. Au niveau du trigone fémoral La veine fémorale se place en dedans de l'artère fémorale pour passer sous le ligament inguinal, en dedans de la bandelette ilio-pectinée et du nerf fémoral.

Elle reçoit au niveau du triangle de Scarpa la veine fémorale profonde, satellite de l'artère fémorale profonde.

De façon fréquente, la veine fémorale est doublée par 1 petit tronc veineux : canal veineux collatéral.

3 à 4 cm en dessous du ligament inguinal, la veine fémorale va recevoir sur sa face antérieure la veine grande saphène qui appartient a réseau veineux superficiel.

2.3.1.2.2 Réseau veineux superficiel

Il est drainé par les veines grande et petite saphène. Elles prennent leur origine au niveau du pied

❖ La veine grande saphène

La veine grande saphène va partir d'une veine dorsale latérale, prolongement de l'arcade veineuse dorsale : veine marginale médiane.

Cette veine grande saphène va donc drainer le réseau superficiel qui est constitué à la plante des pieds par un réseau veineux plantaire : semelle veineuse de Lejars.

La veine grande saphène va recevoir des afférences provenant des faces antéro-médiale et postéro-médiale et d'une grande branche afférente provenant de la face antérieure de la cuisse : veine saphène accessoire ou antérieure.

❖ Le réseau superficiel possède aussi des branches perforantes qui lui permettent de se drainer dans le réseau profond. La veine petite saphène

Elle part de la veine marginale latérale qui draine l'arcade veineuse dorsale. La veine malléolaire va passer en arrière de la malléole latérale pour devenir la veine petite saphène. La veine malléolaire latérale reçoit des veines communicantes qui proviennent des branches latérales de la semelle veineuse plantaire. La veine petite saphène remonte jusqu'à la partie inférieure de la fosse poplitée où elle se jette dans la veine poplitée en décrivant une crosse. Elle draine les veines sous cutanées des faces postérieures et antéro-latérale de la jambe. Elle donne 2 branches anastomotiques pour la veine grande saphène. Elle possède également un système perforant vers le réseau profond.

L'ensemble du réseau veineux (superficiel et profond) est muni d'un système de valvules. Elles sont destinées à éviter le retour du sang veineux à partir de la veine cave inférieure dans le membre inférieur.

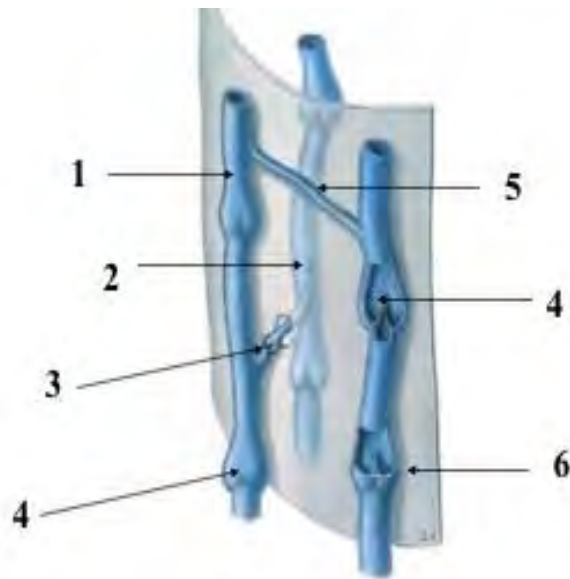


Figure 23: Organisation principale du système valvulaire d'après Sobotta [115]

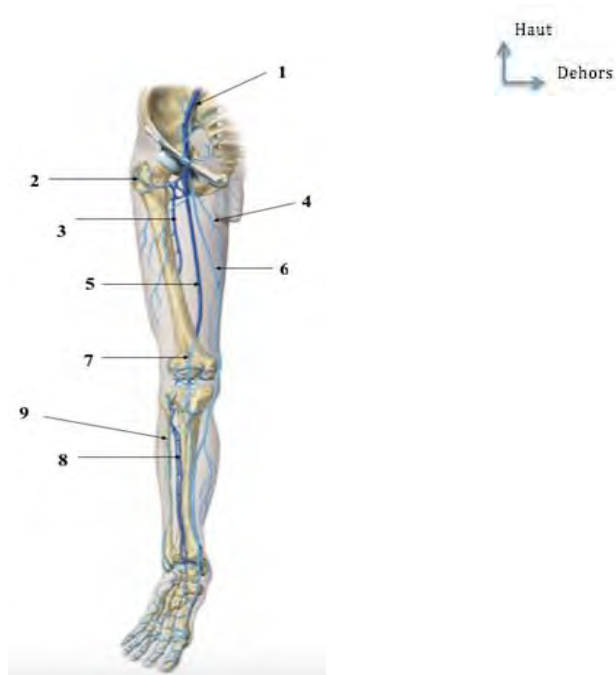


Figure 24: Vascularisation veineuse du membre inférieur d'après Sobotta [115]

2.3.1.3 Lymphatiques

On peut diviser les lymphatiques du membre inférieur en lymphatiques superficiels, naissant des téguments et dont les collecteurs cheminent dans le tissu

cellulaire sous-cutané, et en lymphatiques profonds qui, nés des organes sous-aponévrotiques, aboutissent à des troncs satellites du paquet vasculo-nerveux.

2.3.1.3.1 Lymphatiques superficiels

Les lymphatiques superficiels émanent de tous les points de l'enveloppe cutanée du membre. Mais c'est au niveau du pied que le réseau d'origine présente son maximum de développement.

Par contre, dans tout le reste de l'étendue du membre, sauf peut-être au niveau de la région pré-rotulienne, le réseau d'origine présente des mailles extrêmement fragiles.

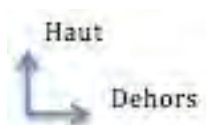
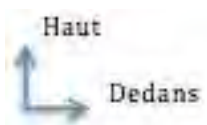
Les collecteurs émanant de ce réseau peuvent être répartis en trois groupes :

- Les collecteurs satellites de la saphène interne et tributaires des ganglions inguinaux qui desservent la presque totalité de la surface cutanée du membre inférieur ;
- Les collecteurs satellites de la saphène externe, qui vont aboutir aux ganglions poplités
- Les collecteurs de la région fessière

2.3.1.2.2 Lymphatiques profonds

Les lymphatiques profonds du membre inférieur sont assez rigoureusement satellites des vaisseaux sanguins.

Ils comprennent une voie principale qui suit d'abord les différents troncs artériels de la jambe, et des voies accessoires, satellites des vaisseaux obturateurs, ischiatiques et fessiers.



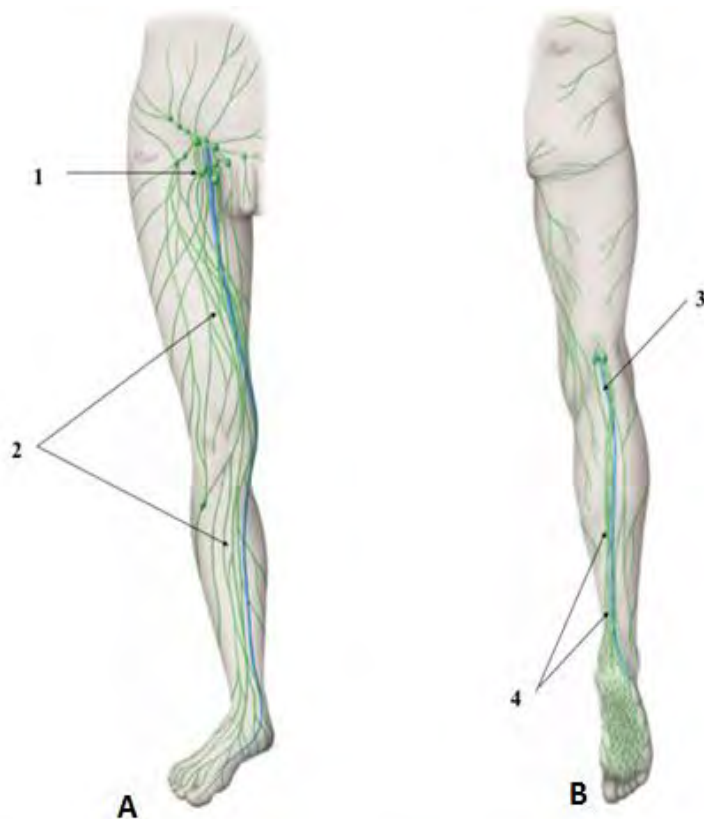


Figure 25: Réseau lymphatique superficiel du membre inférieur d'après Sobotta [115]

2.3.2 Innervation du membre inférieur

Assurée par les branches terminales du plexus lombaire et par le plexus sacré, l'innervation du membre inférieur est motrice et sensitive.

2.3.2.1 Plexus lombo-sacré

2.3.2.1.1 Plexus lombaire

Il est formé par les branches antérieures des nerfs qui sortent des trous de L1, L2, L3, L4. Il recoit aussi un mince rameau de T12.

Il donne des branches collatérales avant de se terminer en deux branches terminales qui sont :

Nerf obturateur : descend sur la paroi interne du pelvis et sort du petit bassin par le canal sous-pubien. Il innerve la loge des muscles adducteurs et la face interne de la cuisse (peau). C'est un nerf mixte.

Nerf crural : il plonge dans le grand bassin dans la gaine du muscle psoas, sur son bord externe. Il arrive à la cuisse avec le muscle psoas iliaque, et dès qu'il a franchi l'arcade crurale, il se divise en ses 4 branches terminales. Ce nerf crural va cheminer ensuite dans la loge antérieure de la cuisse. C'est le nerf de l'extension du genou et il assure la sensibilité de la face antérieure de la cuisse, face interne de la jambe et le bord interne du pied.

2.3.2.1.2 Plexus sacré

Il donne une branche terminale : Le nerf sciatique.

Le nerf sciatique innerve tous les muscles de la fesse (sauf le muscle obturateur qui est innervé par le nerf obturateur). C'est un très gros nerf qui se place entre les muscles ischio-jambiers. Au passage, il abandonne des rameaux pour les différents muscles de la loge postérieure de la cuisse.

Arrivé au sommet du creux poplité, il se divise en deux branches terminales: Le nerf tibial ou nerf sciatique poplité interne qui descend obliquement dans la loge postérieure de la jambe. Il passe derrière la malléole interne et donnera les nerfs plantaires.

Le nerf fibulaire commun ou nerf sciatique poplité externe qui est oblique en bas et en dehors se dirige vers l'extrémité supérieure du péroné et contourne le col. De là, il se divise en nerf fibulaire superficiel et profond destinés à la loge antéro-externe de la jambe.

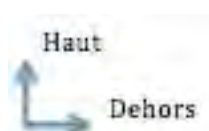
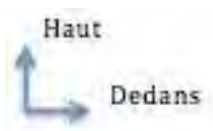


Figure 26: Rapports vasculo-nerveux de la cuisse d'après Sobotta [115]

2.3.2.2 Innervation tronculaire et radiculaire

✓ Fesse

Branches collatérales du plexus sacré (sauf le nerf obturateur)

✓ Cuisse

Loge antérieure : nerf fémoral

Loge interne : nerf obturateur

Loge postérieure : nerf sciatique

✓ Jambe

Loge antérieure : nerf fibulaire profond

Loge externe : nerf fibulaire superficiel

Loge postérieure : nerf tibial

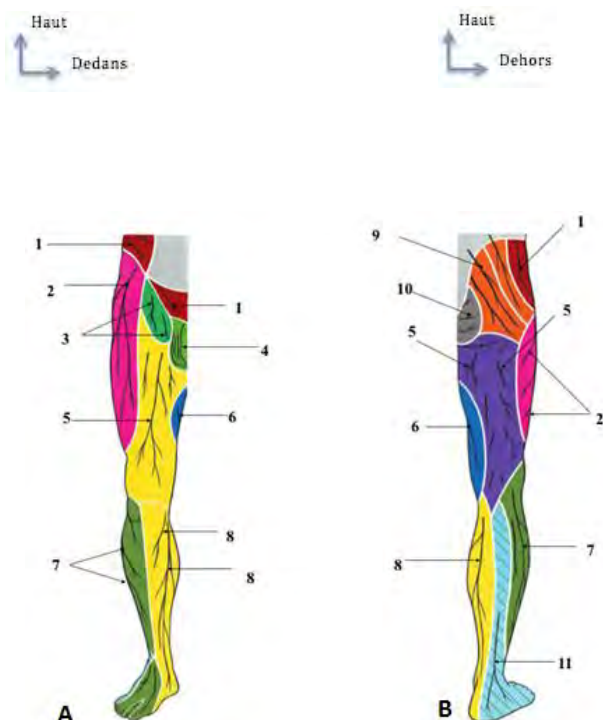


Figure 27: Systématisation cutanée innervation sensitive du membre inférieur d'après Sobotta [115]

3. Les Inégalités de Longueur des Membres

3.1. Définition

Une inégalité de longueur des membres inférieurs est une différence de longueur entre les deux membres inférieurs. Il peut s'agir d'un raccourcissement (le plus souvent) ou d'un allongement, plus rarement.

Il faut en différencier les fausses inégalités (déséquilibre du bassin chez le sujet debout) qui sont en relation avec des rétractions musculaires ou articulaires (équinox fixé, flexum de genou, de hanche, abduction ou adduction fixée de hanche)

3.2. Historique des allongements [29]

La chirurgie d'allongement des membres inférieurs hérite d'un siècle d'expérience.

Ce n'est qu'à la fin du 19ème siècle avec le lyonnais Léopold OLLIER que s'établirent les bases à partir desquelles naquirent les différentes méthodes d'allongement.

Le premier allongement mécanique est classiquement attribué à Codivilla en 1905. Sa technique consistait à réaliser une section fémorale suivie d'une extension distale par un plâtre cruro-pédieux.

Mais dès 1847, Rizzoli proposait déjà des allongements en fracturant le fémur du côté raccourci (méthode à mi-chemin entre allongement mécanique et biologique)

En 1908, Magnusson [80] dans une série expérimentale sur les chiens réalise des allongements en pratiquant une ostéotomie en Z. Il soupçonne d'ores et déjà l'importance biologique du périoste.

En 1912, Ombredanne a été le premier à réaliser un allongement progressif à l'aide d'un fixateur externe rapporté en 1913 dans le bulletin de la société de chirurgie de Paris. [95]

En 1921, l'expérience de Putti (successeur de Codivilla) sera conséquente avec les allongements progressifs par la reconnaissance des différents problèmes et un début de codification.

A la suite de son rapport, nombreuses techniques faisant varier le lieu, la forme des ostéotomies, la nature ou la géométrie des cadres de distraction verront le jour.

En 1963, Cauchoix décrit sa technique de l'allongement extemporané [32]

En 1970, Wagner propose une distraction progressive suivie d'une greffe et d'une ostéosynthèse rigide. Son matériel permettait de par ses qualités mécaniques et sa manipulation simple des allongements importants. Mais elle s'est avérée pourvoyeuse de nombreuses complications.

Ce n'est que dans la deuxième moitié du 20^{ème} siècle, après les travaux de Wagner que cette chirurgie prit un nouvel essor.

Les bases de la régénération osseuse si chère à la chirurgie d'allongement ont été posées par Ilizarov [63]. Ses travaux commencent dans les années 50 en Sibérie avec sa technique d'allongement publiée en 1971. Cependant ses travaux ne seront promus en occident qu'en 1984 [44]. Il introduisait un nouvel appareil d'allongement dérivé d'ailleurs d'un système de fixation antérieur décrit par Witmoser et utilisé par

Monticelli et Spinelli en Italie et Wassertein en Allemagne avec une nouvelle conception : la régénération en distraction.

En 1982, De Bastiani [44] mettra les idées d'Ilizarov au service d'un fixateur externe unilatéral inspiré de celui de Wagner : l'orthofix.

Aux Etats unis, Dror Paley dans un travail récent, montra que l'on pouvait associer méthode d'Ilizarov ou callotasi à une fixation interne par clou centro-médullaire. Mais ces systèmes nécessitaient parfois des réinterventions multiples pouvant entraîner de lourdes infections.

Une équipe allemande a mis au point un clou motorisé de façon électrique dont les résultats semblent à peu près identiques au clou d'allongement mécanique concernant la régénération osseuse.

Au sénégal, la chirurgie d'allongement n'a été introduite qu'en 2004 par le Pr M.H.SY après son retour de Kurgan.

En 2006, s'est tenue la première rencontre sénégal-russe (RESRO) à Dakar avec la méthode Ilizarov. Cette chirurgie d'allongement s'est ensuite élargie aux autres méthodes (exofixation essentiellement).

Elle est actuellement réalisée dans 3 centres au SENEGAL : Hôpital Général de Grand Yoff, L'Hôpital Aristide Le DANTEC et le Centre Hospitalier de l'Ordre de Malte.



Figure 28: G.A. Ilizarov



Figure 29 : Pr SY lors de son séjour à Kurgan (Russie)

3.3. Diagnostic des ILMI

3.3.1. Diagnostic positif

3.3.1.1. Clinique

Le diagnostic, facile à la marche pour les grandes inégalités (marche sur la pointe du pied, parfois avec une importante boiterie), se fait pour les plus petites sur une discrète boiterie, une marche sans poser le talon, l'asymétrie d'un ourlet. Les petites inégalités de 1 cm ou moins sont fréquentes, voire physiologiques.

La mesure des membres inférieurs se fait au mieux, quand il n'y a pas de rétractions articulaires, debout pieds joints à plat, genoux étendus, en équilibrant la hauteur des deux crêtes iliaques avec des planchettes ou cales de hauteur connue placées sous le pied du côté le plus court. Les techniques de mesure couchée semblent moins précises, pouvant être influencées par la position des membres inférieurs par rapport au bassin ; elles ne seront utilisées qu'en cas de paralysie ou de rétraction.

La mesure se fait au mètre ruban segment par segment ou globalement de l'ombilic ou des crêtes iliaques aux malléoles. Il faut éliminer les fausses inégalités dues à des raideurs ou rétractions articulaires au niveau de la hanche, du genou, de la cheville. Ce sont les mesures cliniques répétées qui vont permettre le suivi de l'inégalité. L'examen clinique permet de localiser le niveau de la déformation prédominante sur le fémur ou le tibia, d'évaluer

l'hypoplasie du pied.

Cet examen clinique doit comporter un examen de toutes les articulations (mobilité, stabilité) à la recherche de malformations (hanche, pied notamment), un examen du rachis (retentissement), un examen neurologique, cutané et vasculaire.



Figure 30: ILMI frustré



3.3.1.2. Figure 31: Mesure ILMI (Distance EIAS-MI) Paraclinique

3.3.1.2.1. Méthodes de radiographie conventionnelle

La téléradiographie : elle consiste à réaliser un grand cliché des membres inférieurs en entier, pris debout rotule en face, allant du bassin aux pieds, avec une distance de 2,5 à 4 m. Elle nécessite une grande cassette, que le sujet se tienne debout, et n'ait pas de rétractions articulaires. Elle donne un agrandissement, mais permet de connaître la proportion exacte entre la longueur des membres inférieurs. Elle donne des indications sur l'axe, la morphologie osseuse et articulaire.



Figure 32: Téléradiographie des membres inférieurs

- L'orthoradiographie : utilisée pour les mesures de Green et Anderson [4-5] et destinée à diminuer l'erreur radiologique, est faite en décubitus dorsal. Elle consiste à prendre trois expositions radiographiques (hanches, genoux, chevilles) sur un grand cliché.
- Le scanogramme : utilise trois expositions radiographiques, mais sur une petite cassette qui est mobilisée pour les trois expositions.
- Les radiographies des pieds de profil en charge peuvent être nécessaires, notamment dans les étiologies congénitales pour lesquelles il peut y avoir de 1 à 2 cm de raccourcissement dans la hauteur du pied.

3.3.1.2.2. Autres méthodes

- La radiographie numérisée, réalisant un cliché des membres inférieurs en entier traité par informatique sur table numérisée, diminue l'irradiation.
- La radiographie digitale avec microdoses.
- Les ultrasons offrent une méthode échographique de mesure des segments osseux. Les mesures effectuées au niveau de la diaphyse fémorale au cours de la période anténatale permettent de déceler les fémurs courts ou incurvés du fœtus. Rappelons ici que cet

examen fait partie intégrante de l'examen ultrasonore systématique de la surveillance de la grossesse.

- Le CT scanogram, utilisant la « scout view » des membres inférieurs en tomodensitométrie, a l'intérêt de pouvoir être utilisé de profil dans des inégalités avec déformations articulaires.
- L'imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM) utilise une séquence T1 en spin echo avec une incidence coronale. Il n'est pas utilisé dans la pratique courante.

Si l'utilisation de la radio conventionnelle reste courante, le choix de la technique étant fait selon les habitudes de chacun, les clichés digitalisés moins irradiants semblent intéressants chez des enfants qui ont des radios fréquemment, d'autant plus que les grandes plaques permettant les téléradiographies et le matériel permettant les orthoradiographies sont en voie de disparition.

La tomodensitométrie avec le CT scanner et la « scout view » de profil est intéressante en cas de flexum du genou.

Dans tous les cas, il faut être très critique sur les comptes rendus radiologiques, car le cliché peut être fait dans des conditions imparfaites qui modifient la différence de longueur. Ce qui prime, c'est la clinique.

3.3.2. Retentissement des ILMI

Les petites inégalités de moins de 2 cm sont très fréquentes et ne nécessitent pas toujours une compensation.

Les inégalités plus importantes peuvent retentir sur le membre inférieur avec une marche en équin du côté court avec à terme rétraction d'Achille fixée, ou plus rarement une marche pied à plat en flexum du genou du côté long.

Le déséquilibre retentit également sur le rachis avec attitude scoliotique bien supportée chez l'enfant, mais entraînant des lombalgies à l'âge adulte et, pour les inégalités de plus de 2 cm, la survenue de scolioses lombaires. Le retentissement des inégalités qui sont bien supportées dans l'enfance s'exprime plutôt à l'âge adulte.



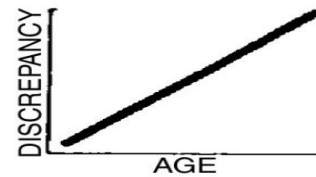
Figure 33: ILMI majeure avec équinisme compensateur du pied

3.3.3. Etiologies

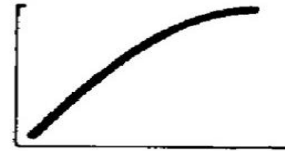
Il est important de connaître l'étiologie des inégalités de façon à établir leur pronostic et envisager un traitement. Il y a de nombreuses façons de présenter les étiologies, nous allons les classer en tenant compte de l'établissement du pronostic et des possibilités thérapeutiques.

Shapiro [111] a décrit 5 types évolutifs pour les inégalités rapportées à des courbes.

TYPE 1 UPWARD SLOPE PATTERN



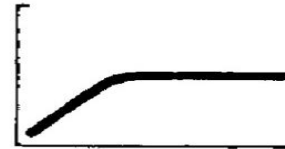
TYPE 2 UPWARD SLOPE -
DECLERATION PATTERN



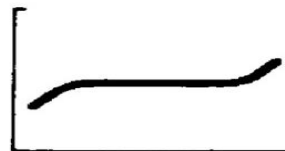
TYPE 3 UPWARD SLOPE -
PLATEAU PATTERN

TYPE 3A DOWNWARD SLOPE -
PLATEAU PATTERN

TYPE 3B PLATEAU PATTERN



TYPE 4 UPWARD SLOPE - PLATEAU-
UPWARD SLOPE PATTERN



TYPE 5 UPWARD SLOPE - PLATEAU-
DOWNWARD SLOPE PATTERN



Figure 34: Les cinq courbes évolutives d'inégalité de longueur des membres inférieurs d'après Shapiro [111]

3.3.3.1. Inégalités acquises par arrêt ou stimulation de la croissance

❖ Lésions du cartilage de croissance

Elles sont d'autant plus graves que l'enfant est jeune lors de leur survenue. Elles donnent une association de raccourcissement par arrêt ou ralentissement de la croissance et de déviation axiale par asymétrie de la lésion de la chondro-épiphyse (zone de croissance).

Leur pronostic est facile à établir quand la plaque de croissance est totalement détruite. Les causes de lésion du cartilage de croissance sont multiples.

Parmi elles, les décollements épiphysaires : le trait de fracture passe dans la couche hypertrophique. Ils sont classés selon Salter et Harris.

Les types I et II donnent peu de troubles de croissance, sauf les Salter II de l'extrémité inférieure du fémur.

Les lésions de type III et IV traversent la plaque de croissance et risquent de créer des ponts d'épiphyse.

Le type V de Salter, qui peut être associé à tout type de décollement épiphysaire, même non déplacé, correspond à un écrasement de la plaque de croissance et donne un arrêt de la croissance.

Les lésions infectieuses dues à une ostéomyélite ou une arthrite atteignant une zone de croissance provoquent des lésions diffuses souvent graves.

Les autres causes sont plus rares : purpura fulminans, irradiations, brûlures, lésions vasculaires, lésions chirurgicales volontaires (traitement de tumeurs malignes avec résection de la zone de croissance) ou non.

Une destruction complète d'un cartilage de croissance correspond à une courbe linéaire d'évolution de l'inégalité avec un pronostic facile à établir (type 1 de Shapiro).

❖ **Lésions traumatiques diaphysaires**

Certaines donnent des raccourcissements, dues à une perte de substance osseuse, traumatique ou infectieuse, un cal vicieux raccourcissant. D'autres donnent des allongements comme les allongements « vicariants » des fractures diaphysaires des os longs, notamment au niveau du fémur, et ceci d'autant plus qu'il y a eu une synthèse.

C'est le type III de Shapiro, avec une courbe linéaire qui s'infléchit en plateau pour devenir horizontale.

Le pronostic de ces allongements parasites est difficile à prévoir. Ils sont rarement très importants, le phénomène s'éteint habituellement après 1 ou 2 ans, parfois il se corrige, mais dans certains cas, il se poursuit, donnant une inégalité de longueur.

❖ **Atteintes neurologiques des membres inférieurs**

Elles donnent des inégalités dont le pronostic ne peut pas être établi, ce qui nécessite un suivi régulier sur des courbes. À la véritable différence de longueur entre les segments osseux s'ajoutent les modifications dues aux rétractions musculaires ou aux raideurs

articulaires. Si les séquelles de poliomyélite donnant une paralysie flasque se rencontrent encore dans les pays du tiers-monde, les hémiplegies le plus souvent spastiques, dites « cérébrales infantiles », sont en revanche fréquentes, elles donnent des inégalités peu importantes aux dépens du membre atteint, dont la correction va rarement au-delà d'une compensation.

Les paralysies périphériques, notamment sciatiques isolées (par exemple post-traumatiques), si elles surviennent chez l'enfant jeune, donnent également des raccourcissements

❖ **Atteintes par pathologie régionale**

- Maladie de Legg-Perthes-Calvé: elle donne une inégalité par atteinte de la croissance de la hanche, parfois hypercroissance dans les formes avec coxa magna peu déformée, le plus souvent un raccourcissement par trouble de croissance dû à l'atteinte de la zone de croissance avec coxa vara.
- Épiphysiolyse fémorale supérieure: le raccourcissement est dû à la déformation par bascule de la tête fémorale et à l'arrêt prématuré de la croissance.

Il s'agit de petites inégalités, car la pathologie survient en fin de croissance

- Les kystes osseux essentiels peuvent retentir sur la zone de croissance par eux-mêmes ou par retentissement de leurs traitements.

❖ **Pathologies articulaires**

- Les arthrites chroniques juvéniles dans des formes pauci-articulaires, surtout si elles surviennent avant 3 ans.
- Les hémarthroses à répétition de l'hémophilie,
- Les synovites chroniques du genou donnent des excès de croissance.

3.3.3.2. Inégalités congénitales

❖ **Grandes malformations de membres**

Les grandes malformations de membres [24] donnent des inégalités proportionnelles

dont le pourcentage de raccourcissement ou de différence est constant depuis la naissance jusqu'en fin de croissance. Elles correspondent à la courbe linéaire de type I de Shapiro. Elles sont difficiles à allonger du fait des anomalies articulaires associées et parce que les muscles, les vaisseaux et les nerfs réagissent comme s'ils étaient programmés pour être courts.

Parfois, l'importance de l'inégalité ou des malformations associées (pied hypoplasique, instabilité de genou et de hanche, agénésie complète du tibia) rend tout projet d'égalisation impossible.

- Fémurs courts congénitaux dans toutes leurs formes de gravité, pouvant aller du simple raccourcissement du fémur à une agénésie presque totale en passant par tous les stades avec : coxa vara, fémur courbe, hypoplasie du condyle externe, instabilité du genou par agénésie du ligament croisé antérieur.



Figure 35: Fémur droit congénital, 40% de raccourcissement du fémur par rapport au côté sain. Coxa vara d'après C.Bronfen [21]

- Hypoplasies du rayon externe ou ectromélies longitudinales externes avec hypoplasie plus ou moins importante de la fibula pouvant aller jusqu'à son absence. Elles sont associées à une anomalie de la cheville et du pied (pied

valgus équin plus ou moins malformatif [22,68], association fréquente à une hypoplasie fémorale.



- **Figure 36: Ectromélie longituduanle externe (collection J.P.Padovani, hôpital des enfants-malades, Paris)** Hypoplasies du rayon interne ou ectromélies longitudinales internes avec hypoplasie plus ou moins importante du tibia pouvant aller jusqu'à l'agénésie complète avec absence de genou. Le pied est en varus équin souvent très malformé, avec poly- ou hypodactylie.



Figure 37: Ectromélie longitudinale interne avec pied varus équin [Collection J.-P.Padovani, hôpital des enfants-Malades, Paris]

- Hypoplasies du rayon moyen [22] avec anomalies du pied et synostoses de l'arrière-pied.

❖ Les hémihypertrophies

Elles intéressent tout un hémicorps avec hypertrophie en volume et en longueur, hypertrophie du visage, du crâne, des viscères, du membre supérieur. C'est cependant souvent l'inégalité qui prédomine. Les inégalités peuvent être considérées proportionnelles avec une différence de longueur souvent accessible à l'épiphysiodèse du côté long. Mais elles s'atténuent parfois en fin de croissance par maturation plus précoce du squelette du côté hypertrophique. Elles dépassent rarement 2 à 3 cm, le principal problème étant le retentissement esthétique de l'hypertrophie difficile à corriger.

Dans le syndrome de Wiedemann-Beckwith, il faut rechercher par des échographies systématiques répétées des tumeurs viscérales associées (tumeur de Wilms, hépatoblastome, carcinome surrénalien).

❖ Maladies osseuses constitutionnelles

- Neurofibromatose de Recklinghausen : l'inégalité peut être révélatrice de la maladie. Soit il existe une hypotrophie avec aspect scléreux d'un tibia pouvant aller jusqu'à la pseudarthrose, soit il peut exister une hypertrophie d'un hémicorps débutant à la fesse, avec troubles trophiques lymphatiques et artérioveineux entraînant un allongement et une déformation du squelette sous-jacent.
- Syndrome de Protée : il appartient au groupe des phacomatoses; le gigantisme des extrémités peut s'associer à des inégalités de longueur.
- Dysplasie épiphysaire hémimélique (tarsomégalie): c'est une ostéochondrodysplasie qui frappe les épiphyses ou les os du tarse d'un seul membre inférieur. Radiologiquement, les épiphyses présentent un développement excessif avec un aspect fragmenté. Le talus est le plus souvent touché. Il existe une forme avec atteinte simultanée de l'articulation de la hanche, du genou et du pied responsable d'un allongement précoce du membre atteint. L'inégalité aux alentours de 3 à 4 cm s'accompagne d'une grave déformation du tarse et du genou.

- Maladie d'Ollier : elle est caractérisée par des chondromes multiples qui siègent en région métaphysaire des os longs et entraînent à la fois une déformation et une inégalité qui peut dépasser 10 %.
- Maladie exostosante : de transmission génétique, elle se caractérise par le développement d'exostoses multiples. Elle peut entraîner par troubles de croissance des déviations axiales et des inégalités.
- Dysplasie fibreuse : elle consiste en une prolifération anormale de tissu fibreux asymétrique et anarchique. La différence de longueur est souvent modérée, sauf en cas de grandes déformations osseuses (crosses fémorales).

❖ **Malformations vasculaires**

- Hémangiomes et lymphangiomes provoquent le plus souvent un allongement ; en revanche, les angiomes veineux s'accompagnent d'une atrophie osseuse et d'un raccourcissement.
- Fistules artérioveineuses.
- Maladie de Klippel-Trenaunay ou hémangiectasie hypertrophique : c'est une hyperplasie vasculaire congénitale unilatérale totale ou partielle. Elle entraîne une hypertrophie des parties molles et du squelette sous-jacent et des manifestations cutanées à type de varices ou de nævus plans variqueux. L'allongement du côté atteint est accessible à une épiphysiodèse (hémorragique).
- Maladie de Rendu-Osler ou télangiectasie hémorragique héréditaire.

3.4.Pronostic

3.4.1. Généralités

La possibilité d'établir un pronostic définitif de l'inégalité repose sur :

- L'étiologie
- Les mesures radiologiques du membre inférieur afin d'établir la taille finale du segment osseux normal ou le plus long.

3.4.2. Planification d'un programme d'allongement.

3.4.2.1. Méthodes d'évaluation de l'âge osseux.

Il faut se baser sur l'âge osseux et non sur l'âge chronologique afin d'établir un correctif.

L'âge osseux reflète le degré de maturation squelettique d'un enfant. Pour réaliser cette datation, la maturation osseuse a été comparée à l'âge civil des enfants qui a une évolution toujours linéaire contrairement à l'âge osseux avec des périodes d'accélération et de ralentissement.

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'âge osseux. Cependant aucune méthode de prévision ne permet la certitude à 1 cm près. Les âges osseux ne sont pas comparables en fonction de la population choisie par le recueil des données (race, milieu social, époque, situation géographique).

L'utilisation de l'âge osseux est considérée comme la principale source d'erreur dans les prévisions d'inégalité.

Son utilisation est valable après 10 ans. Et en cas de différences importantes entre l'âge osseux et l'âge réel, le risque d'erreur est plus important.

La méthode de référence la plus développée pour l'évaluation de l'âge osseux reste les abaques de Greulich et Pyle.

- Méthode de Greulich et Pyle : à partir d'un atlas de radiographies de main et de poignet gauche chez des filles et des garçons, le recueil a été fait au cours d'une étude longitudinale entre 1931 et 1942 chez des garçons et filles nord Américains, originaires d'Europe du Nord, habitant à Cleveland, Ohio, dans des familles d'éducation et de rang social au-dessus de la moyenne. Son utilisation rapide se fait par comparaison avec les photos de l'atlas.

Cette première approximation peut être précisée par l'utilisation des schémas explicatifs permettant de noter chaque élément osseux apparu.

L'étude doit porter plus sur le métacarpe (tête et zone de croissance sous jacente) et les phalanges (épiphyse et métaphyse) que sur le carpe, car la morphologie des os du

carpe est très modifiée par des incidences radiologiques non superposables. Au poignet, on s'attachera surtout à étudier les épiphyses du radius et de l'ulna et leur rapport avec la métaphyse [25].

Il existe également d'autres méthodes d'évaluation de l'âge osseux :

- Méthode de RISSER

Ce test permet d'apprécier la maturité osseuse au niveau des os du bassin. Il permet ainsi de déterminer le potentiel de croissance en observant les os de ton bassin. Il est mesuré de 0 à 5. Le cartilage s'ossifie progressivement de dehors en dedans. L'ossification commence à apparaître vers 13 ans chez les filles. Lorsqu'il se soude complètement à la crête (l'âge osseux est mesuré à 5) cela veut dire que la croissance est terminée et on peut envisager un programme d'allongement.

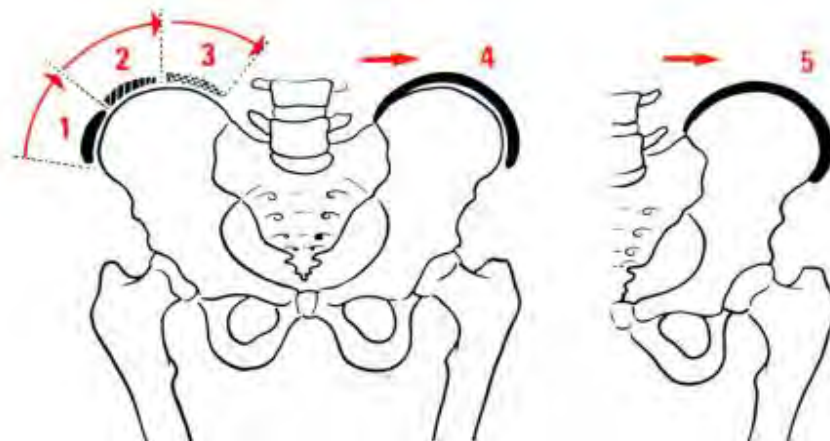


Figure 38: **Ossification de la crête iliaque (Score de Risser).**

L'ossification débute au niveau de l'épine iliaque antéro-supérieure et progresse vers l'arrière. (Guillaumat 2000)

Risser 0: Absence d'ossification.

Risser 1: Ossification du premier tiers de la crête iliaque.

Risser 2: Ossification du deuxième tiers de la crête iliaque.

Risser 3: Ossification du troisième tiers de la crête iliaque.

Risser 4: Début de soudure de la barrette à l'os iliaque.

Risser 5: Fusion complète

- Méthode de Sempé : elle reprend le principe de la méthode d'Acheson, mais en utilisant des données françaises. Elle n'est utilisable que de la naissance à 11 ans. Sur une radio de main gauche de face, chaque point d'ossification est affecté d'une note (22 indicateurs osseux de la radio du poignet et de la main gauche). Le total de ces cotations séparées aboutit à une cotation globale qui permet d'obtenir l'âge osseux en se reportant à des tables.
- La méthode de Sauvegrain et Nahum [38] évalue l'âge osseux à partir de radiographies du coude de face et de profil en fonction de coefficients dont la cote globale est rapportée sur une courbe. Elle est utile de 11 à 15 ans chez les garçons et de 9 à 13 ans chez les filles.

Craviari et al. [40] ont proposé une transformation de cette méthode d'évaluation de la maturation squelettique au niveau du coude. Ils utilisent 7 indicateurs de maturation cotés selon les critères de Sempé : condyle latéral, épicondyle, trochlée, épitrochlée, centres olécrâniens inférieur et supérieur, tête radiale. Le total est reporté sur une courbe qui, en fonction du sexe, donne l'équivalent d'âge osseux correspondant.

Cet « âge osseux » qui n'est qu'une moyenne est parfaitement corrélé à l'âge osseux du poignet et de la main, qui découle d'un pourcentage déterminé avec le logiciel Maturos™.

- La méthode des scores de Tanner et Whitehouse évalue le degré d'ossification de chaque os du carpe (sauf le pisiforme), du radius, de l'ulna, des premier, troisième et cinquième rayons, et leur attribue un coefficient qui détermine un stade de maturation osseuse et éventuellement un âge osseux. Le score TW2 utilise les données sur 20 os et permet une analyse automatisée.
- La méthode Fels 1988 et la méthode d'Ebri Torné (indice carpien 1993) utilisent un programme informatique traitant les mesures des différents points d'ossification.

3.4.2.2. Méthodes graphiques d'évaluation de l'âge osseux

L'ensemble de ces mesures va permettre l'utilisation de tables et graphiques en vue de calculs prévisionnels d'inégalité. Plusieurs techniques sont utilisables dont :

- Table d'Anderson et Green

Green et Anderson [5] ont établi pour les 2 sexes des tables fournissant les tailles moyennes du fémur et du tibia entre 8 ans et la fin de la croissance. Le travail d'Anderson, qui a chiffré la longueur moyenne d'un tibia et d'un fémur

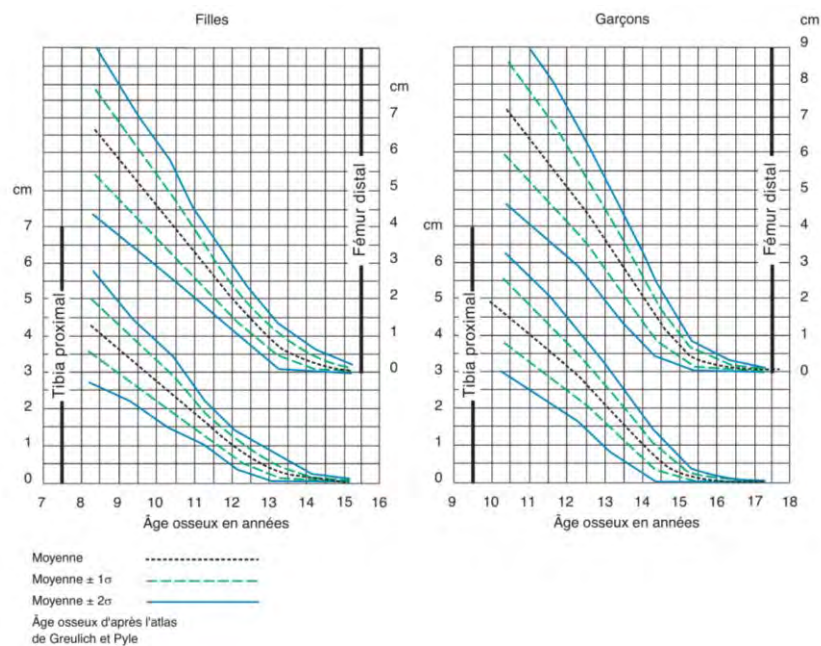


Figure 39: Courbe de croissance du fémur distal et du tibia proximal chez la fille et chez le garçon d'après Green et Anderson [5]

- Graphique de Héchard et Carliz [5]

C'est une représentation graphique de la croissance des membres inférieurs basée sur les courbes de Green et Anderson utilisant leur segment rectiligne de 4 à 13 ans chez la fille, de 5 à 14 ans chez le garçon.

Elle exige la connaissance de l'âge osseux et de la longueur des segments osseux.

En cas d'inégalité non proportionnelle, plusieurs mesures sont nécessaires et la courbe sert de papier millimétré.

En consultation, cette ce graphique nous permet d'établir un pronostic rapide.

- Graphique de Moseley ou méthode du graphique de la ligne droite [88,89]

Il est construit pour le membre inférieur en entier à partir des tables de Green et Anderson et utilise l'âge osseux. Il part du principe que la croissance des membres inférieurs est représentée par une ligne droite et qu'un normogramme peut être utilisé pour déterminer le percentile de croissance. L'âge osseux des filles est en haut, celui des garçons en bas.

Une ligne oblique au milieu du diagramme représente le membre inférieur normal (« normal leg »). Pour prévoir l'inégalité finale, on porte sur cette ligne oblique la longueur du membre normal puis, sur la verticale passant par ce point, la longueur du membre court. Cette verticale est prolongée en haut pour les filles, en bas pour les garçons. Elle coupe les lignes obliques des âges osseux. On repère le point d'intersection qui correspond à l'âge osseux de l'enfant. Lors des examens successifs, ces indications sont reportées sur le graphique (points 1, 2, 3, 4 pour le côté court, I, II, III, IV pour le côté long). Une ligne horizontale indique au mieux la succession des âges osseux : ligne AO. Une ligne reliant les points 1, 2, 3, 4 au mieux indique la pente de croissance du membre court. À partir du point où l'horizontale des âges osseux coupe la ligne oblique « maturity » est tracée une verticale qui coupe les deux lignes de croissance, côté normal (A) et côté court (B).

La longueur du segment AB qui sépare ces deux points d'intersection est l'inégalité de longueur des membres inférieurs prévue. Pour prévoir la date d'une épiphysiodèse, on utilise les pentes de référence situées dans un encadré sur le diagramme représentant les zones pouvant être épiphysiodésées (fémur inférieur, tibia supérieur, les deux).

Il faut rester logique et ne pas faire confiance à des prévisions « surprenantes ». Il faut utiliser les outils que l'on connaît le mieux et refaire, en cas de prise de décisions importantes, les calculs à tête reposée en dehors de la consultation. Il ne faut pas oublier dans le calcul l'inégalité actuelle, ni l'inégalité supplémentaire à venir. Il faut se méfier des enfants qui sortent de la norme (grande taille, petite taille, écarts importants entre l'âge osseux et l'âge chronologique) et savoir attendre alors la fin de la croissance.

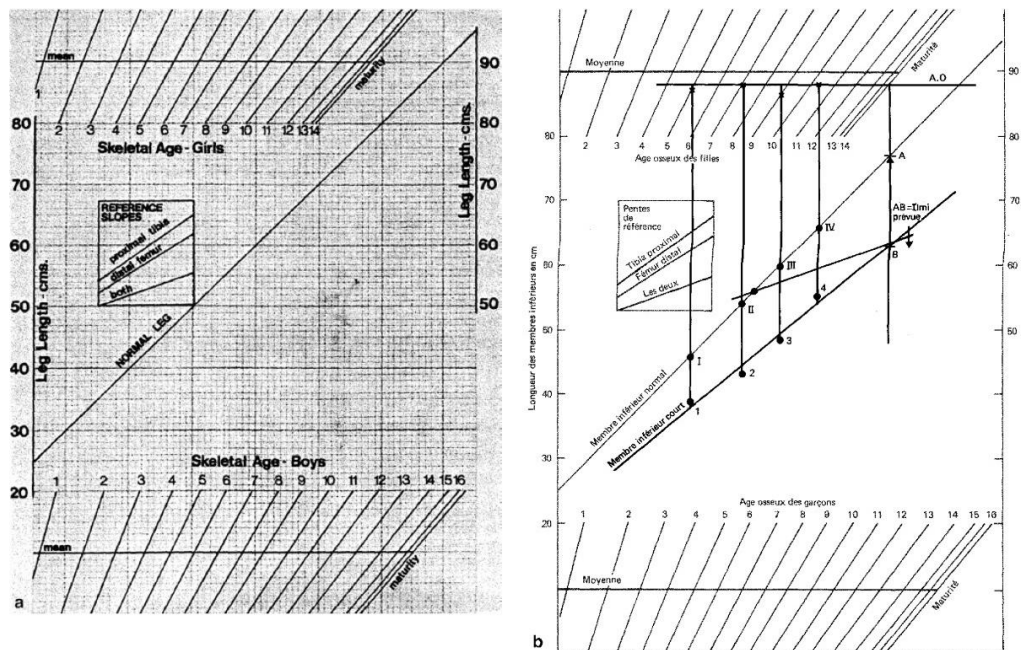


Figure 40: a. Graphique de la ligne droite de Moseley [88,89] b. Graphique reproduit dite de Moseley [88]

3.5. Traitement des ILMI

3.5.1. Buts

Son but est d'égaliser si possible les membres inférieurs tout en préservant leur fonction.

Il repose sur de multiples techniques allant des moyens orthopédiques à la chirurgie.

Les indications sont très importantes à définir dans les grandes inégalités, notamment d'origine congénitale.

3.5.2. Moyens et Méthodes

3.5.2.1. Moyens orthopédiques

Les semelles, chaussures orthopédiques ou appareillages servent pour les toutes petites inégalités ou, au contraire, les inégalités très importantes non égalisables, ou dans l'attente d'un allongement.

Les inégalités doivent être compensées à partir de 15 à 20 mm par semelle dans ou sous la chaussure.

Pour les plus grandes inégalités, on utilise des chaussures orthopédiques compensées.

Des prothèses sont employées quand on a renoncé à un programme d'allongement.

3.5.2.2. Moyens chirurgicaux

❖ Techniques de correction extemporanée [20]

Elles ne sont utilisées qu'en fin de croissance et réservées au fémur (les corrections extemporanées à la jambe étant dangereuses). Elles peuvent faire partie du programme d'égénéralisation de grandes inégalités.

- Allongements extemporanés

Ils sont de moins en moins utilisés, mais peuvent rendre service à la fin de la croissance au fémur pour des inégalités d'environ 3 cm. Ils ne doivent pas excéder 10 % de la longueur du segment allongé donc, pour le fémur, 3 à 4 cm.

Leurs techniques non-dénuées de complications (complications vasculonerveuses, pseudarthroses, fracture à l'ablation du matériel, déviations axiales) ont été bien décrites.

Le matériel d'ostéosynthèse utilisé est la plaque [3, 26, 29, 87] ou le clou verrouillé [71].

Ces méthodes d'allongement extemporané sont délicates et précises. La technique est minutieusement réglée pour chaque méthode. Des précautions doivent être prises en per et en post opératoire (flexion du genou).

- Raccourcissements extemporanés

Les raccourcissements extemporanés sont de réalisation plus facile, avec moins de risques de complications. Leur limite est également de 3 à 5 cm (10 %) de la longueur du fémur.

Les techniques classiques sont dérivées de celle de Blount avec ostéotomie métaphysaire haute du fémur fixé par lame-plaque [119].

Des techniques de raccourcissement à foyer fermé monté par clou centromédullaire [15,131], de réalisation délicate, ont été publiées. Ces interventions de raccourcissement restent indiquées quand la période de l'épiphyse est dépassée ou quand un pronostic d'inégalité fiable n'est pas possible, ce qui conduit à attendre la fin de croissance. Elles peuvent compléter un grand programme d'égalisation.

❖ Techniques de correction progressive

▪ Épiphysiodèses thérapeutiques [26]

Il s'agit d'un blocage définitif ou temporaire d'une zone de croissance. Elle a pour but de brider la croissance longitudinale du membre long, ce qui permet au membre court de continuer à grandir et de rattraper le membre long.

C'est la méthode de choix pour la correction d'inégalités comprises entre 2 et 4 cm chez des sujets dont la taille finale sera égale ou supérieure à la taille moyenne établie par les courbes de croissance [70].

Les zones utilisées les plus fertiles sont : extrémité inférieure du fémur (70 % de la croissance du fémur) et/ou extrémité supérieure du tibia (55 % de la croissance du tibia) associé à l'extrémité supérieure de la fibula.

Le blocage doit se faire de façon symétrique pour ne pas entraîner de déviation axiale.

Les épiphysiodèses prennent également place dans le plan thérapeutique de correction de grandes inégalités.

Elles sont habituellement proposées entre 11 et 12 ans d'âge osseux chez les filles, ce qui correspond à une croissance résiduelle au genou entre 45 et 25 mm, et entre 13 et 14 ans chez le garçon, ce qui équivaut à une croissance résiduelle entre 49 et 22 mm [70].

Quelle que soit la méthode utilisée, la précision du résultat reste inférieure à 6 mois, ce qui peut correspondre à une erreur de prévision importante. Il faut indiquer aux familles que cette technique n'aura pas un effet immédiat et qu'il faudra pendant quelques mois poursuivre le port d'une compensation [24]. Il faut également les prévenir de l'imprécision de ces méthodes.

Il existe plusieurs méthodes:

- Phemister [103] a publié en 1933 une technique d'épiphyiodèse définitive qui consiste à prélever en sous-périosté un bloc osseux à cheval sur la plaque de croissance, asymétrique par rapport à elle, de chaque côté de la région épiphysométaphysaire, et de le retourner pour le remettre en place après avoir cureté le cartilage conjugal sous-jacent. La fusion est obtenue en 3 mois.
- Blount [17, 18] a publié en 1949 une technique d'épiphyiodèse temporaire par agrafage symétrique de la plaque conjugale, la croissance pouvant reprendre après ablation des agrafes. Un repérage radiologique est nécessaire. Au fémur, trois agrafes sont mises en extrapériosté, réparties de façon symétrique par rapport au cartilage de croissance et équilibrées de chaque côté de la métaphyse. Leur pointe est orientée vers l'axe du fémur. Les agrafes actuellement utilisées sont en titane. La réversibilité de la technique d'agrafage extrapériosté de Blount est en fait inconstante et imprévisible, avec possibilité de rebonds de croissance à l'ablation des agrafes. Il paraît donc prudent de ne pas compter sur la réversibilité de la méthode. La technique d'agrafage peut être utilisée pour une épiphysiodèse définitive en sous-périosté avec curetage du cartilage de croissance.



Figure 41: Epiphysiodèse tibiale supérieure par agrafes de Blount [17,18]

- Bowen a publié en 1984 une technique d'épiphysiodèse percutanée par curetage sous contrôle scopique. Dans la technique originale, il trépane l'os métaphysaire sus-jacent au ciseau, puis curette le cartilage sur son tiers périphérique alors que le tiers moyen est respecté. Cette opération est effectuée de chaque côté de la plaque de croissance.

La persistance de la zone de virole périchondrale, en avant et en arrière de la zone de pénétration dans la plaque de croissance, fait que cette technique n'est pas efficace avant le 6e mois, ce qu'il faut prendre en compte lors des prévisions.

Ces épiphysiodèses ont un délai d'action de quelques mois [39].

Il y a en fait deux groupes en fonction de l'importance de la destruction du cartilage. En cas de destruction très étendue (centrale et périphérique), le délai d'action est immédiat, alors qu'il est de 3,6 mois quand le curetage n'a pas été complet.

Des modifications de la technique consistent à utiliser, pour détruire en percutané la zone de croissance, des tréphines ou des mèches [79]. La plaque de croissance est alors détruite sur une plus grande profondeur.

- Vissage de Métaizeau (PETS, percutaneous epiphysiodesis using transphyseal screws)

Métaizeau [85] utilise depuis les années 1990 une technique d'épiphysiodèse par vissage percutané pontant la zone de croissance. C'est une technique très utilisée en France actuellement. Les vis symétriques introduites par la métaphyse par une petite incision peuvent être croisées ou non. Il faut utiliser des vis de gros diamètre (au moins 6 mm) éventuellement cannelées sur broches, ce qui rend la technique plus facile. Un contrôle scopique est indispensable. Les vis doivent être bien axées dans le plan sagittal. Les vis sont enlevées lorsque l'épiphysiodèse est complète. Elles peuvent pour cela être laissées un peu saillantes au fémur. Une ablation précoce pourrait permettre une reprise de croissance [85]. Les vis transépiphysaires donnent le maximum de ralentissement de la croissance phsyaire entre le 6e et le 18e mois, ralentissant la croissance du fémur distal de 89 %. L'arrêt de la croissance peut être considéré comme complet à 18 mois.



Figure 42: Epiphysiodése fémrale inférieure par vissage selon Métaizeau [85]

- Plaque en 8 (eightplate de Stevens): il s'agit d'une plaque extrapériostée pontant le cartilage de croissance, fixée par deux vis non verrouillées au niveau de la métaphyse et de l'épiphyse. Au lieu d'agir en compression, elle agit en tension. Son utilisation unilatérale a été rapportée par l'auteur pour les corrections angulaires [117]. Elle peut, en étant mise de façon bilatérale et symétrique, être utilisée pour les épiphysiodèses



■ **Figure 43: Epiphysiodese par plaque en "8" [117]**
Allongements progressifs

- Depuis Codivilla [36], Putti et Ombrédanne [95], l'évolution des différentes techniques d'allongement progressif s'est faite vers la mobilité et la mise en charge du patient avec des appareillages permettant les déplacements et des allongements plus importants : appareil de Judet, technique de Wagner, méthode d'Illizarov [64], du callotasis [46]. Les techniques sont en constante évolution, mais toujours caractérisées par leurs complications parfaitement exposées et classées dans la conférence d'enseignement de C. Glorion [57]. Les allongements progressifs ne peuvent pas se résumer à un matériel, mais sont basés sur des concepts biologiques de consolidation. Clous [26]

Les clous d'allongement sont des implants permettant un allongement progressif sans ouverture itérative du foyer opératoire et sans mise en place d'un système de fixation externe.

L'allongement prévu est de 1 mm par jour. C'est au fémur que la technique est la plus développée.

Le premier clou utilisé en France a été le modèle Albizzia™ [29,58]. Le clou est fait de deux parties coulissant l'une dans l'autre ; il est verrouillé à ses deux extrémités. Un système de vis sans fin et un cliquet sans retour permettent l'allongement.

Au fémur, l'ostéotomie médiadiaphysaire peut être faite à foyer fermé avec une scie endomédullaire.

L'allongement se produit par manoeuvres externes de rotation genou fléchi pour le fémur (15 manoeuvres aller-retour « clic-clac » permettent un allongement de 1 mm), elles peuvent être faites par le patient ou un tiers chaque jour. Parfois on a recours à un allongement une fois par semaine sous anesthésie générale du fait du caractère pénible de ces allongements.

L'allongement peut aller de 3 à 7 cm [29].

Actuellement, un autre clou ISKD™ (intramedullary skeltal kinetic distraction), mis au

point en 1986 [37], est utilisé avec, au fémur, une ostéotomie à foyer ouvert sous-trochantérienne ou une ostéotomie médiodiaphysaire [59].

Les allongements se font par mouvements de rotation de 3 à 9°, les activités de chaque jour associées à une marche contrôlée et un appui partiel sont adéquates pour produire un taux d'allongement de 1 mm par jour.

Un moniteur avec un détecteur magnétique permet au patient de surveiller la progression de son allongement chaque jour.

Ces allongements sur clou sont réservés à des fémurs en fin de croissance, suffisamment bien axés (nécessité d'une chirurgie de réaxation préalable) et suffisamment larges (alésage à 13 mm pour l'Albizzia™ et à 14,5 mm pour l'ISKD™).

L'allongement moyen obtenu est de 5 cm [37]. L'allongement est débuté vers le 7^e jour. Le clou est enlevé au bout de 18 mois, éventuellement après un déverrouillage préalable.

Les avantages par rapport aux allongements par fixateurs sont le respect des tissus mous (pas de trajet de fiches), l'absence de désaxation secondaire, l'amélioration de la mobilité des articulations adjacentes, le meilleur confort et le retour plus rapide aux activités du patient.

Les désavantages sont le contrôle de la quantité d'allongement et de la collaboration du patient avec l'ISKD™, l'impossibilité de raccourcir l'implant, les risques d'embolie graisseuse.

Il existe un clou d'allongement fémoral et tibial motorisé publié en 1990 [11,73], le Fitbone™ TAA (« telescope active actuator nail »).



Figure 44: Allongement par clou centro-médullaire [Collection C. Glorion et Z. Pejin, Hopital des enfants-Malades Paris] a- clou d'allongement femoral Albizzia b- clou d'allongement femoral ISKD

- Fixateurs externes ou distracteurs et « conceptions biologiques » associées

➤ Méthode de Wagner [29,128].

Elle est actuellement moins utilisée. Le fixateur de Wagner est un fixateur monolatéral rigide décrit par l'auteur en 1971.

L'allongement est possible grâce à un système de vis sans fin commandé par une molette. La technique comporte dans un premier temps la mise en place du matériel, une ostéotomie diaphysaire transversale, un allongement progressif et, dans un deuxième temps, une greffe et une synthèse par plaque avec ablation du fixateur.

Les complications osseuses (fractures, pseudarthroses) et les complications infectieuses du fait de la synthèse par plaque après une contamination par des fiches sont rencontrées dans cette technique.

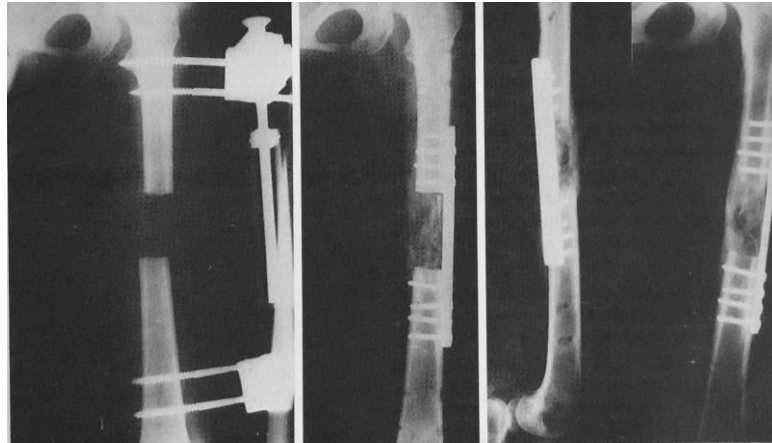


Figure 45: Allongement fémoral par la méthode de Wagner [128]

➤ Méthode d'Ilizarov [26, 42,64].

Cette méthode, développée dans les années 1950 par G.A. Ilizarov à Kourgan et introduite en France en 1984, repose sur le concept de l'ostéogenèse en distraction et l'utilisation d'une ostéosynthèse stable et élastique pour permettre la consolidation osseuse.

Le respect de la circulation endomédullaire était essentiel pour Ilizarov, d'où l'importance qu'il a donnée à la corticotomie.

D'autres études ont montré le rôle essentiel de l'endoste et du périoste dans la consolidation.

L'appareil est un fixateur externe circulaire fixé à l'os par des broches (de 15 ou 18 dixième), croisées, transfixiantes, mises en tension à 90 kg par une pince dynamométrique.

Elles doivent être le plus à angle droit l'une par rapport à l'autre en fonction de ce que permet la situation des éléments vasculonerveux, qu'il faut bien connaître.

Le fixateur est complètement modulaire, fait d'anneaux composés de demi-anneaux, sur lesquels les broches sont fixées par des écrous et des boulons. Les anneaux sont réunis par au moins trois tiges filetées qui vont permettre l'allongement.

Cet appareil permet des allongements asymétriques avec correction axiale, il est également possible de maintenir, avant ou pendant l'allongement, l'articulation adjacente (genou ou pied). Il existe des possibilités d'adaptation de charnières. Ce fixateur neutralise les mouvements dans le plan frontal, sagittal et horizontal; en revanche, il a une élasticité verticale qui permet de stimuler le foyer osseux et favorise l'ostéogénèse.

La marche est possible. L'allongement préconisé est de 1 mm par jour en 4 fois. L'appareil, du fait de son encombrement, est difficile à supporter, notamment au niveau du fémur ; de ce fait sont apparues des modifications avec fiches filetées tronconiques non transfixiantes fémorales supérieures.

Shevtsov et al. de Kourgan [113], ont publié des techniques permettant de diminuer la durée de consolidation: allongement polysegmentaire, allongement en régime automatique de haute fréquence selon Ilizarov, permettant de répartir 1 mm d'allongement quotidien en 60 fois (stimulation par compression extemporanée du régénérat).



Figure 46: Allongement fémoral par FE Ilizarov

➤ Méthode du callotasis et distracteur monolatéral Orthofix™ [26,101]

Le terme de callotasis, ou callotasi en italien est un néologisme créé par Giovanni de Bastiani à partir du grec et du latin et qui signifie “étirer un cal”.

La méthode associe une fixation externe monolatérale, qui peut être selon la période rigide ou élastique, l’évolution de l’hématome fracturaire et sa colonisation par l’activité du périoste, l’utilisation de contraintes longitudinales nécessaires à l’organisation du cal et qui sont traduites par le terme de « dynamisation » [101].

Le matériel de première génération était un matériel composé d’une partie mâle et d’une partie femelle (FAA™).

Le matériel actuellement utilisé – LRS (« limb reconstruction system ») est de deuxième génération ; il est constitué d’un rail avec un système de queue d’aronde dans lequel coulisent des mâchoires percées de cinq trous de fiches. Le rail existe en trois longueurs : 25, 30 et 40 cm, et peut admettre plusieurs mâchoires.

Un ou plusieurs compresseurs distracteurs s’adaptent sur les mâchoires qui sont verrouillées sur le rail par une simple vis de blocage ; le « swivelling clamp » est une mâchoire qui peut tourner sur elle-même dans le plan frontal et permet les corrections axiales.

Il existe également un matériel pédiatrique de taille réduite. Le OFGarches™, appelé couramment « T de Garches », est adapté pour l’allongement et les corrections angulaires hautes du tibia. Les fiches ont un corps de 6 mm de diamètre (fiches de schanz). Elles sont coniques pour un ancrage plus large dans la corticale la plus sollicitée, ne pouvant pas être reculées, mais pouvant être serrées ultérieurement en cas de perte de tenue dans l’os. Les fiches pédiatriques sont plus fines.

Actuellement, les fiches sont recouvertes d’hydroxyapatite, ce qui leur donne une meilleure tenue dans l’os. Le fixateur est mis en place sous contrôle d’un amplificateur de brillance à l’aide d’un ancillaire. Le corps du distracteur doit être strictement parallèle à l’axe anatomique de l’os.

L’ostéotomie la plus haute possible est faite en sous-périosté au ciseau après préparation à la mèche fine, en décollant largement le périoste qui est soigneusement

refermé.

Une distraction peropératoire de 2 mm n'a pour but que de s'assurer que l'ostéotomie est complète. Le périoste est suturé soigneusement et aucun drainage n'est mis en place afin de laisser s'organiser un hématome qui servira de base à la formation du cal.

L'allongement commence 10 à 15 j après la mise en place du distracteur. De Bastiani insiste sur ce délai qui permet d'allonger un cal [46]. L'allongement est de 1 mm par jour en 4 fois (4 fois un quart de tour). L'idéal serait un allongement continu. Quand l'allongement est terminé, le distracteur est neutralisé par verrouillage de l'appareil. Un mois plus tard commence la phase de dynamisation. Dans la méthode des promoteurs, la dynamisation était assurée par mise en appui pour quelques pas après déverrouillage chaque mois, jusqu'à ce qu'une consolidation suffisante permette le déverrouillage.

Actuellement, la dynamisation est assurée par anneau de silastic ou Dyna-Ring™ qui, mis contre la mâchoire la plus haute déverrouillée, permet une compression à chaque pas. La dynamisation a accéléré la consolidation.



Figure 47: Allongement fémoral progressif par FE Orthofix

➤ Le Taylor Special Frame (TSF®) [121] (figure 46)

Il permet l'association d'une correction axiale et d'un allongement. C'est un système de fixation externe circulaire composé au minimum de deux anneaux et de six vérins disposés obliquement. La planification du traitement se fait à l'aide d'un logiciel de calcul, la correction pouvant se faire dans tous les plans de l'espace, ce qui en fait tout l'intérêt.

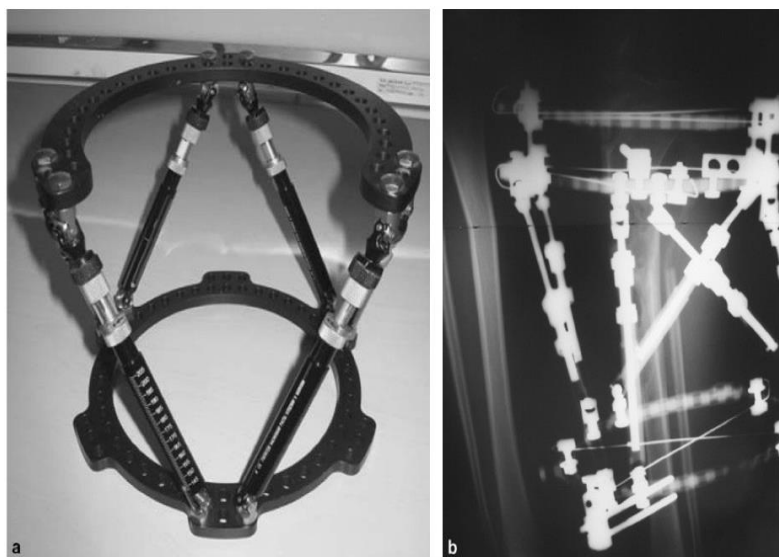


Figure 48: Distracteur type TSF (Taylor special Frame)

A: le distracteur en place b. Radiographie Collection C. Glorion, Hopital des enfants-Malades, Paris

➤ Allongement par chondrodiastasis ou distraction physisaire [86].

C'est un décollement épiphysaire Salter et Harris 1 sans abord chirurgical provoqué par l'intermédiaire d'un distracteur. L'allongement se fait dans le régénérat créé [76].

Cette technique permet la correction des déviations axiales associées à l'allongement. Il faut considérer que le chondrodiastasis entraîne une stérilisation

définitive du cartilage de croissance [76], et prendre en compte le potentiel de croissance perdu dans la correction. C'est une technique à n'utiliser qu'en fin de croissance.

- Allongements sur « tuteur »

Depuis les années 1990 ont été publiées des techniques d'allongement par fixateurs externes sur tuteur centromédullaire (clous centromédullaires ou broches). Le but était de diminuer la durée de port du fixateur externe ainsi que la durée de consolidation. Ces techniques ne sont pas dénuées de complications (infections, faillite du matériel avec bris des vis de verrouillage, luxation du genou) [116]. Shevtsov [112] a associé à un allongement par Ilizarov un embrochage élastique stable, la stabilisation du foyer d'allongement rendant la consolidation plus rapide avec diminution de l'index de guérison.

❖ **Traitement des problèmes associés**

Il s'agit avant ou pendant l'allongement, de pallier les anomalies articulaires ou tendineuses préexistantes.

Cela intervient pour les étiologies malformatives congénitales (fémurs courts, ectromélies) et pour les étiologies neurologiques, surtout spastiques. Avant l'allongement, il faudra corriger une hanche dysplasique ou malformée (ostéotomie du bassin, valgisation de hanche et couverture d'une coxa vara), stabiliser un genou, corriger un défaut d'axe fémoral ou tibial (en sachant que certains fixateurs permettent d'associer correction et allongement), repositionner un pied (valgus équin, varus équin) [127,111], allonger le tendon d'Achille pour corriger un équin.

Pendant l'allongement, il faudra surveiller attentivement les déformations et les rétractions articulaires.

Entretenir les mobilités par de la rééducation, prévenir le développement d'attitudes vicieuses ou de luxations par le port d'attelles, mais également savoir interrompre l'allongement, faire des allongements tendineux (hanche, genou, cheville).

Une stabilisation des articulations instables adjacentes par un fixateur peut être nécessaire [46].

3.5.3. Indications

Elles sont très variables selon les équipes et reposent sur l'établissement d'un pronostic et d'un programme. Elles dépendent de l'importance de l'inégalité, de son étiologie, de l'état articulaire sus- et sous-jacent, de la taille prévue. Elles prendront en compte la fonction et l'esthétique du membre inférieur. Elles doivent faire l'objet d'une réflexion et d'une discussion avec le patient en exposant les différentes possibilités, leurs avantages, leurs inconvénients. L'arrêt d'un programme d'allongement est vécu comme un véritable échec par la famille ainsi que le chirurgien.

Nous pensons qu'il n'est pas raisonnable, chez l'adulte sauf conditions particulières, de proposer un programme d'égalisation au delà de 40 ans, surtout s'il s'agit d'ILMI secondaires à une étiologie autre que post-traumatique. Théoriquement chez l'adulte ou l'adolescent en fin de croissance, l'indication d'un allongement de membre n'est posée que pour une ILMI d'au moins 4 cm.

- Les inégalités de moins de 1 cm ne nécessitent aucune compensation. Les inégalités de 15 mm à 20 mm seront traitées par des semelles dans ou sous la chaussure si elles sont mal supportées (boiterie) surtout chez des patients de petite taille.
- Des inégalités de moins de 2 voire 3 cm ne justifient pas de chirurgie. Les épiphysiodèses peuvent être choisies pour des inégalités entre 2 et 5 cm chez l'enfant. Elles sont contre-indiquées en cas de sujet de petite taille, de pronostic incertain ou bien sûr si l'enfant est vu trop tard. Elles ont souvent pour inconvénient de toucher au membre sain (long). Chez l'adulte, les allongements monosegmentaires progressifs par clou ou fixateur sont préférés
- Pour des inégalités entre 3 et 5 cm, outre les épiphysiodèses (chez l'enfant), on peut choisir les allongements progressifs, éventuellement par clou si les conditions le permettent, ou, de moins en moins souvent, les allongements ou les raccourcissements extemporanés.

Classiquement, les allongements sont faits sur un membre axé et avec des articulations stables. Avec les distracteurs type Ilizarov, certains Orthofix™, le

TSF™, la réaxation peut être concomitante de l'allongement. Dystrophies osseuses, insuffisances vasculaires, atteintes nerveuses avec insensibilité, troubles psychologiques sont des contre-indications aux allongements progressifs.

- Les inégalités de moins de 10 cm peuvent être corrigées par plusieurs allongements parfois associés à une épiphysiodèse (chez l'enfant). Dans les étiologies congénitales, il faudra avoir tenu compte des anomalies associées (malformation de hanche, de genou, de pieds). Chez l'enfant l'âge du premier allongement dans les programmes de correction des grandes inégalités est très discuté : 9 ans pour Hope [62] ; pour Sabharwal, Paley et al. [106], beaucoup plus tôt.
- Les inégalités de plus de 10 cm sont corrigées par un programme associant allongements des deux segments, épiphysiodèse et raccourcissement en fin de croissance (chez l'enfant). Le traitement des anomalies associées est là aussi important.

Enfin, il faut aussi savoir renoncer à la correction d'inégalités très importantes (plus de 20 cm, plus de 50 % de la longueur d'une diaphyse) dans les grandes malformations des membres, surtout quand les malformations du pied, du genou et de la hanche sont difficiles à corriger, et choisir l'utilisation de prothèse ou d'appareillages avec les adaptations chirurgicales nécessaires (amputation du pied). Ce choix doit être fait et annoncé dans la petite enfance.

Il faut choisir les techniques que l'équipe connaît et manie bien.

3.5.4. Evolution et pronostic

3.5.4.1. Surveillance

Les radiographies de face et de profil sont la méthode de surveillance classique des allongements, elles doivent prendre les articulations sus- et sous-jacentes. Elles permettent de vérifier la formation du cal, l'axe du segment de membre, les articulations sus- et sous-jacentes. L'absence d'apparition de cal à la 3ème semaine suivant le début de l'allongement est inquiétante [8].

Durant la consolidation, la radiographie conventionnelle doit être faite tous les mois jusqu'à ce que le régénérat se soit organisé en corticale et médullaire.

Catagni [27] a classé les morphologies radiologiques des différents régénérats en fonction de la date de guérison (et / ou de consolidation) et des possibilités de mise en charge.

On distingue 3 types de régénérat: normotrophique, hypertrophique et hypotrophique.

-Le régénérat normotrophique

Il est rapidement visible sur les radiographies et apparaît dès le 20^{ème} jour de distraction. Ce régénérat est visible au contact des extrémités osseuses allongées. Il encadre une zone radio-transparente centrale dite zone d'allongement. Le régénérat a un caractère homogène, régulier et sa disposition spatiale est harmonieuse pendant l'allongement. Après la période de distraction, il finira par se remodeler donnant naissance aux corticales osseuses et au canal médullaire.

-Le régénérat hypertrophique

Il est visible sur les radiographies avant le 20^{ème} jour de distraction. Il apparaît dense sur les radiographies conventionnelles en périphérie de la zone d'allongement et en regard de la région centro-médullaire.

Une consolidation prématurée est possible si l'allongement n'est pas accéléré par rapport aux valeurs initialement indiquées (1 mm par jour).

Plusieurs facteurs expliquent ce phénomène de régénérat hypertrophique: patient jeune, à forte activité physique et suppléance vasculaire locale de bonne qualité associée à une disposition circonférentielle des groupes musculaires autour du fût osseux allongé.

-Les régénérats hypotrophiques

Ils sont de 4 types:

Type A: correspond à une ossification disséminée dans de nombreux ilots indépendants et persiste après 50 jours de distraction. Ce phénomène indique l'existence de perturbations vasculaires.

Type B: il a une morphologie en « sablier », ce qui signifie que le rythme de distraction est trop rapide pour permettre à un régénérat d'origine endomédullaire de s'installer.

Type C: correspond à un régénérat irrégulier observé sous la forme de colonnes ostéogéniques incomplètes et à distribution aléatoire. Une telle observation radiographique correspond vraisemblablement à une instabilité mécanique ou à une déficience vasculaire.

Type D: révèle l'existence d'un défaut d'ossification partiel et témoigne d'un traumatisme vasculaire local ou d'un défaut d'ostéogenèse d'origine périostée.

L'échographie permet de surveiller l'allongement dès la première semaine, elle montre l'apparition du cal avant la radio. Elle ne permet pas d'étudier l'axe osseux, mais est utile à la surveillance des rapports entre fiche, os et parties molles, pouvant retrouver des signes d'infection [2].

Elle nécessite l'utilisation d'une sonde lineaire de 7,5 mhz qui permet de réaliser des coupes longitudinales et des coupes transversales très fines.

Elle permet une classification du régénérat osseux en 3 stades :

Stade 1: Interruption de la corticale toutes les sondes

Stade 2 : Formations de bandes ou de faisceaux d'ossification hyper-échogènes disséminés dans le foyer d'allongement. Ces bandes et ces faisceaux vont progressivement se marginaliser pour aboutir à une corticalisation typique.

Stade 3 : Corticalisation échographique

Des techniques plus récentes comme l'absorptiométrie (dual energy X-ray absorptiometry [DEXA]) [109] pourraient aider à choisir la date d'ablation du matériel. La densitométrie (QTC, quantitative tomography computer) [8] permet de mesurer la minéralisation osseuse.

3.5.4.2. Complications des allongements [57]

Les complications sont très fréquentes dans les allongements progressifs.

La difficulté est d'allonger les parties molles qui entourent l'os.

Les complications sont dues à l'acte chirurgical lui-même, aux difficultés à allonger les parties molles, au matériel (fiches), à la consolidation.

L'habitude permet de diminuer le taux de complications. L'important est d'utiliser une

technique bien possédée par l'équipe. Il faut savoir classer les complications.

À l'issue du symposium de la SOFCOT en 1990 [31] sur les inégalités de longueur des membres inférieurs, on distingue quatre degrés de complications: -pas de complication,

-complication bénigne qui ne nécessite ni opération ni anesthésie non prévue,

-complication sérieuse qui nécessite une opération ou une anesthésie non prévue,

-complication sévère qui laissera une séquelle ou obligera à l'abandon du programme qui avait été dressé.

Paley [97] distingue les obstacles (grade I), les problèmes (grade II) et les complications (grade III), ce qui correspond à mineur, sérieuse et sévère.

Les complications de l'allongement sont:

- les problèmes aux points d'entrée des fiches ou des broches, très fréquents sinon systématiques avec les fixateurs externes (importance des soins locaux) ;
- les complications nerveuses et vasculaires sont rares quand l'allongement est très progressif (1 mm par jour en 4 fois) ;
- les enraidissements et attitudes vicieuses articulaires (flexum de hanche, de genou, équin), qui peuvent être traités par ténotomies en cours d'allongement ;
- la perte de mobilité articulaire du genou pendant l'allongement, qui disparaît à l'ablation du fixateur externe ;
- les luxations ou subluxations, conséquences d'une instabilité articulaire préexistante (qui aurait dû être traitée avant l'allongement) ou d'un déséquilibre musculaire périarticulaire (dysplasie cotyloïdienne, agénésies des ligaments croisés);
- les arthrites infectieuses, qui peuvent compliquer des fiches intra-articulaires (fémur supérieur, tibia supérieur);
- les déviations axiales plutôt en varus au fémur et en valgus à la jambe, conséquences

d'un déséquilibre musculaire ou d'une tension importante au niveau d'une structure aponévrotique qui ne se laisse pas allonger – elles sont moins fréquentes avec l'utilisation des fixateurs circulaires ou des fixateurs rigides (Orthofix rail™);

- les consolidations prématurées, qui s'opposent à une élancement normale. Les retards de consolidation sont réduits par l'appui et la dynamisation à la fin des allongements. Ils doivent être appréciés en fonction de l'index de guérison. Ils peuvent conduire à des greffes osseuses quand l'index de guérison est de plus de 60 j par centimètre.
- La fracture après ablation du fixateur externe dans le cadre des allongements progressifs du membre inférieur représente l'une des principales complications. Ces principes sont essentiels pour une meilleure consolidation de la zone d'allongement, et ainsi limiter le risque fracturaire après l'ablation du fixateur externe. Il faut une fixation osseuse stable, respecter au maximum le périoste lors de l'ostéotomie, faire une ostéotomie à basse énergie, appliquer un rythme d'allongement de 0,5 à 2 mm par jour et respecter un délai de latence de quatre à 15 jours entre l'ostéotomie et le début de l'allongement [46-64].

Pour apprécier la consolidation osseuse, et ainsi déterminer à quel moment enlever le fixateur externe, plusieurs procédés non invasifs sont utilisés comme l'échographie, l'ostéodensitométrie par la méthode Dual Energy XrayAbsorptiometry (DEXA) qui permet d'avoir une approche quantitative et qualitative de l'os, mais aussi les radiographies numérisées et le scanner [109-53]. Cependant, dans la plupart des centres, le moyen utilisé le plus courant reste encore la radiographie standard de face et de profil pour sa simplicité d'utilisation, son accès et son faible coût. Le fixateur est ainsi enlevé lorsque, sur les radiographies standard de face et de profil, apparaissent trois corticales d'une épaisseur minimum de 2 mm selon les principes de Fischgrund et al. [93]. Il n'existe pas une règle unique qui permet d'éviter à tous les coups une fracture. Cependant, certains éléments comme l'allongement relatif, la latence entre l'ostéotomie et le début de l'allongement, voire la mise en place de broches centromédullaires permettent de diminuer leur survenue de façon sensible.

La classification de Simpson permet une meilleure repartition des groupes fracturaires.

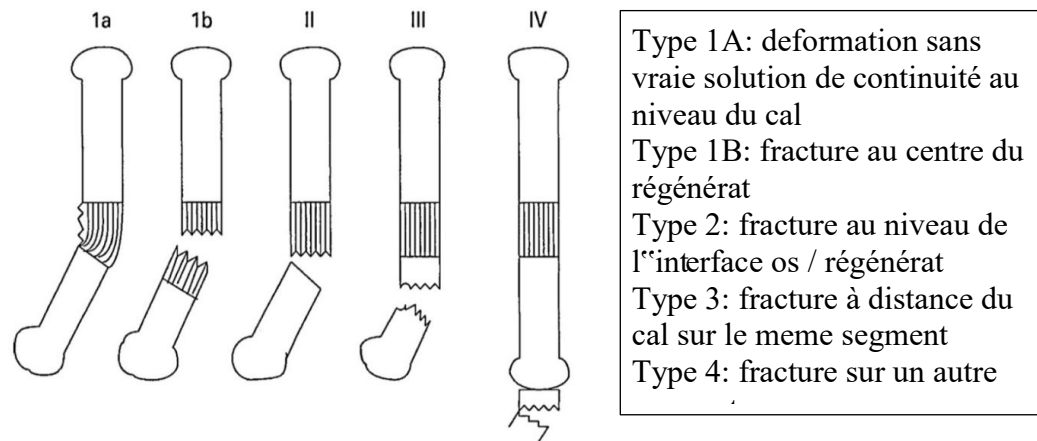


Figure 49: Classification de Simpson [77]

- les complications psychologiques sont à redouter. Elles sont dues aux malformations ou pathologies qui entraînent de grandes inégalités avec leur rançon esthétique et fonctionnelle modifiant la vie de l'enfant (grandes malformations des membres inférieurs, ectromélies) et aux contraintes dues aux programmes d'égalisation avec hospitalisations et indisponibilités répétées, absences scolaires fréquentes. Cependant, dans une étude récente portant sur 27 patients de 6 à 16 ans allongés par la technique d'Illizarov, des auteurs suédois [92] concluent que chez des enfants ayant une grosse invalidité esthétique et fonctionnelle, la correction par allongement n'a pas d'impact négatif sur la santé mentale mais diminue plutôt le niveau d'anxiété, de dépression et les conduites agressives. Les parents sont moins anxieux après la chirurgie, ce qui a un effet important sur le bien-être de l'enfant. Un suivi pédopsychiatrique peut être proposé notamment lors des grands programmes d'égalisation.

A long terme, Duboît [51] a retrouvé des phénomènes d'intolérance relative à l'effort associés à des troubles cutanés et des problèmes de chaussage [75].

DEUXIEME PARTIE : NOTRE ETUDE

MATERIELS ET METHODES

1. Cadre d'étude

Notre étude a été réalisée à Dakar dans les services d'Orthopédie-Traumatologie de l'Hôpital General de Grand Yoffet au Centre Hospitalier de l'Ordre de Malte situé dans l'enceinte du CHU de Fann. Trente neuf (39) patients ont été répertoriés à Hoggy et treize (13) patients au CHOM.

2. Matériels et méthodes

2.1. Type d'étude

Il s'agit d'une étude rétrospective biocentrique et descriptive menée sur 11 ans entre 2005 et 2016.

2.2. Matériels

Nous avons exploité les dossiers des patients, les registres d'hospitalisation, les registres du bloc opératoire (programme réglé), les registres du service d'anesthésie.

2.2.1. Critères d'inclusion

Nous avons inclus dans notre étude tous les patients ayant bénéficié d'un allongement des membres inférieurs progressif par fixateur externe Ilizarov, Orthofix et Hoffmann avec un dossier clinique complet comprenant une feuille d'observation à jour, photographies, radiographies pré et post opératoires, protocoles opératoires.

2.2.2. Critères de non inclusion

Treize patients (13) ayant bénéficié d'un allongement progressif par FE avec un dossier égaré ont été exclus de l'étude de même que les patients en cours d'allongement et ceux qui ont bénéficié d'un allongement pour pseudarthrose avec perte de substance majeure occasionnant une ILMI, les patients non revus pour l'évaluation.

2.2.3. Population étudiée

Cinquante deux patients dont trente deux (31) de sexe masculin et vingt deux (21) de sexe féminin âgés entre 10 et 52 ans ont bénéficié d'un allongement de membre progressif par fixateur externe. L'âge moyen de nos patients était de 20,18 ans.

L'inégalité siégeait à droite chez 60 % de nos patients. La durée moyenne d'évolution des symptômes était de 0,24 ans (0,01-0,89 ans).

2.3. Planification pre-opératoire

2.3.1. Clinique

Deux techniques essentiellement étaient utilisées pour la mesure du raccourcissement :

- Technique des planchettes

Elle consiste à placer des planchettes équivalentes à l'inégalité sous le pied du côté du raccourcissement jusqu'à obtenir un équilibre parfait du bassin objectivé par la mise à niveau des épinos iliaques postéro-supérieures. Ensuite nous mesurons l'épaisseur des planchettes.



- Technique du mètre-ruban

Elle est réalisée en position couchée à l'aide d'un mètre ruban et prend la distance allant de l'ÉIAS à la pointe malléole interne.



Figure 51: Mesure ILMI par la technique du mètre ruban

Une analyse de la marche était également effectuée.

2.3.2. Paraclinique

- Mesures radiologiques

La radiographie standard était réalisée systématiquement. La télémétrie était réalisée en fonction des possibilités du patient. Une radiographie du bassin était demandée afin d'évaluer l'âge osseux par le score de risser chez les enfants et les adolescents.



Figure 52 : Télémétrie des membres inférieurs

- Evaluation des axes des membres

MOBILITE	Flexion hanche	Flexion genou
Bonne	Supérieure à 90 °	Supérieure à 90 °
Moyenne	0-90 °	0-90 °
Absente	0°	0°

Tableau I: Evaluation de la mobilité articulaire

La stabilité de la hanche et du genou a été évaluée cliniquement et parfois radiologiquement.

Les hanches considérées comme potentiellement instables sont :

- les hanches dysplasiques avec un angle de couverture externe (VCE) inférieur à 20 °
- les hanches en attitude vicieuse (flessum, adductum) avec lyse importante de la tête fémorale
- les hanches avec position ectopique de la tête fémorale.

Les genoux considérés comme instables étaient :

- les genoux avec une instabilité dans le plan frontal et / ou sagittal
- les genoux en attitude vicieuse
- les genoux subluxés

La mobilité articulaire était évaluée à l'aide d'un goniomètre. Les amplitudes de mouvement étaient classées en 3 catégories. (Voir tableau ci dessous)

2.3.3. Technique chirurgicale et soins post-opératoires

2.3.3.1. Installation et Anesthésie

Le patient était laissé à jeun la veille de l'intervention chirurgicale. Cette dernière était réalisée majoritairement sous anesthésie loco-régionale.

Il était installé sur une table ordinaire ou orthopédique en décubitus dorsal.

Une couverture antibiotique était assurée pendant la durée de l'intervention par une céphalosporine de première génération.

Le membre était suspendu pour permettre une antisepsie rigoureuse. Un badigeonnage successif par une solution moussante à base d'iode (bétadine) avec rinçage à l'eau était effectué.

Une dernière application de bétadine dermique était effectuée puis les champs stériles sont mis en place.

2.3.3.2. Fixateurs externes

Plusieurs types de fixateurs externes sont utilisés en fonction des écoles et des habitudes du chirurgien. Le fixateur Orthofix a été placé chez 13 patients (CHOM) ; le fixateur Hoffman chez 7 patients et le fixateur Ilizarov chez 32 patients (HOGGY).

❖ Le fixateur externe Orthofix à rail

Il comprend obligatoirement trois éléments solidaires des divers segments osseux et pouvant migrer l'un par rapport à l'autre. Il doit être adapté à la taille de la diaphyse concernée par l'allongement.

Il comprend un rail sur lequel coulisent deux chariots. Les orifices des deux wagons permettent l'utilisation de fiches de diamètre 6 mm de type Schanz.

La distraction maximale possible est de 10 centimètres. Le système de compression distraction est composé de vis à double filetage adaptables sur la

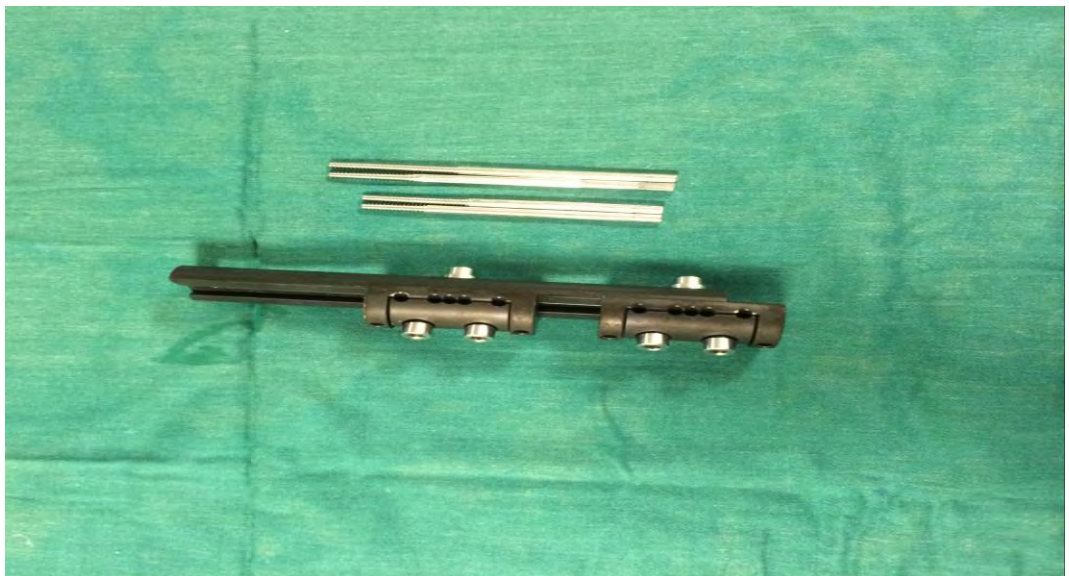
partie supérieure des chariots. Les éléments mobiles sont solidarisés au rail par une vis qui en fonction de son serrage permet de conserver une mobilité ou au contraire de rendre le montage statique. Le Rail Orthofix® (figure 53) est adapté à ce type de montage.

➤ Fiches

Nous avons utilisé successivement les fiches de diamètre 6 millimètres adultes.

Les fiches coniques auto-taraudeuses mais non auto-perforantes utilisées dans cette étude ont une longueur totale de 150 millimètres et une longueur de filetage de 40 millimètres.

Nous avons systématiquement mis en place au moins deux fiches par chariot



➤ **Figure 53: FE Orthofix**Instrumentation Orthofix

La pose du fixateur externe est réalisée avant l'ostéotomie.

Notre ancillaire de pose de ce type de « fixateur rail Orthofix » comprend plusieurs éléments :

- Des chariots gabarits : ils se fixent au rail définitif et s'en désolidarisent par une molette, ce qui facilite leur maniement. Une deuxième molette permet de mettre en place des guides-fiches avec facilité. Ils ne sont donc utilisés que lors du temps chirurgical.

Ils comprennent trois orifices similaires aux chariots définitifs.

- La clé en T : elle s'adapte sur la partie proximale des fiches et permet leur mise en place.
- Les guides-fiches : de longueur différente selon les types de montage, ils garantissent la bonne position des orifices et des fiches par rapport à la diaphyse. Leur taille est choisie en fonction de l'épaisseur des tissus mous.
- Les mèches : leur diamètre est de 4.5 millimètres. Elles permettent la mise en place des fiches corticales adultes 6 mm.
- Le trocard : il est introduit dans le guide fiche. Il permet le passage des tissus mous et surtout l'amorce d'un orifice situé correctement sur la diaphyse.
- La clé Allen 6 pans: elle permet le serrage de toutes les vis présentes sur les chariots.
- Le marteau.

➤ Instrumentation chirurgicale

Parallèlement, plusieurs types de matériel sont nécessaires à ce type d'intervention :

- une boîte d'instrumentation permettant la dissection et l'abord chirurgical du membre. Il s'agit d'une classique boîte d'instrument (bistouris, pinces à disséquer avec et sans griffes, écarteurs de Farabeuf et contre-coudés type Hohmann, ciseaux de Mayo, ciseaux à os, rugines).
- une électrocoagulation,
- une scie oscillante,
- un moteur électrique ou à air comprimé

➤ Pose du fixateur externe

Nous n'avons pas utilisé l'amplification de brillance pour la mise en place des fiches.

Les fiches et le rail étaient mis en place avant que les différentes ostéotomies soient effectuées afin de permettre un alignement satisfaisant des segments osseux.

Il fallait veiller à la bonne introduction et la prise bicorticale des fiches dans la diaphyse.

Les fiches proximales étaient les premières à être introduites. Le rail était orienté dans les trois plans de l'espace de manière à faire correspondre les différents guides fiches de chaque chariot avec la diaphyse. Le fixateur externe a été placé en position externe dans le plan coronal pour le fémur.

L'orifice était foré à la mèche de 4.5 millimètres en veillant à ne pas translater le montage. Les deux corticales étaient franchies. La fiche était introduite à l'aide de la clé en T.

Le passage de la deuxième corticale était perçu par une augmentation nette et brutale de la force à appliquer. Il était extrêmement important de ne jamais dévisser la fiche, son aspect conique entraînant immédiatement une perte de prise et de stabilité dans l'os cortical. La broche dépassait idéalement la corticale opposée d'environ 2 millimètres.

Après avoir posé la fiche la plus proximale du chariot supérieur, la fiche inférieure à chariot inférieur était mise en place.

Des mouvements antéro-postérieurs de rotation permettaient d'ajuster le rail sur la diaphyse. Le protocole de vissage était identique.

La distance entre ces deux chariots supérieur et inférieur devait être en moyenne de 3 centimètres.

Cette zone correspondait au futur foyer de corticotomie et cette distance permettait de réaliser la compression primaire à la fin de l'intervention.

Le rail était habituellement placé à une distance d'environ 5 centimètres de la peau afin de faciliter les pansements et la surveillance des plaies.

➤ Voie d'abord chirurgicale

Nous avons utilisé exclusivement la voie d'abord antéro-externe du fémur.

Le patient était installé en décubitus dorsal sur table ordinaire.

L'incision était médiodiaphysaire, entre les deux charriots, minime et centrée sur le foyer d'ostéotomie avec comme repère clinique la saillie cutanée du grand trochanter et le condyle externe du fémur.

L'aponévrose était incisée de manière à exposer les masses musculaires. Nous passions en trans-musculaire à travers le vaste externe, ce qui permettait de progresser jusqu'à la diaphyse fémorale de manière quasi-exsangue.

On veillait également à ne pas altérer la qualité du périoste.

➤ La corticotomie

La corticotomie était sous périostée. Elle se situait entre les deux chariots.

Le distracteur du fixateur externe était posé entre les deux chariots proximaux puis mis en distraction de manière à ouvrir légèrement le futur foyer de corticotomie.

Le périoste était incisé longitudinalement puis ruginé soigneusement sur toute la circonférence de la diaphyse à l'aide d'une spatule. Deux écarteurs contre coudés type Hohmann étaient placés de part et d'autre de la diaphyse.

Une mèche de 4,5 millimètre montée sur un moteur permettait d'effectuer la corticotomie en timbre poste, en évitant le passage dans le canal médullaire.

Après que plusieurs orifices aient été forés, donnant à la corticale un aspect en timbre poste, un ciseau à os était introduit dans le foyer ce qui permettait de compléter définitivement cette corticotomie.

Le distracteur était alors légèrement mis en tension afin de confirmer la totalité de l'ostéotomie. La persistance d'une résistance évoquait habituellement l'existence d'un pont osseux postérieur qui devait être minutieusement rompu.

Une compression du foyer d'ostéotomie était alors réalisée à l'aide du distracteur, il restera ainsi pendant les dix premiers jours.

Le périoste était suturé au fil résorbable.

L'ensemble de la plaie était lavé abondamment au sérum physiologique. Le tissu sous-cutané était refermé au fil résorbable.

Nous ne mettions pas de drain de redon à la fermeture.

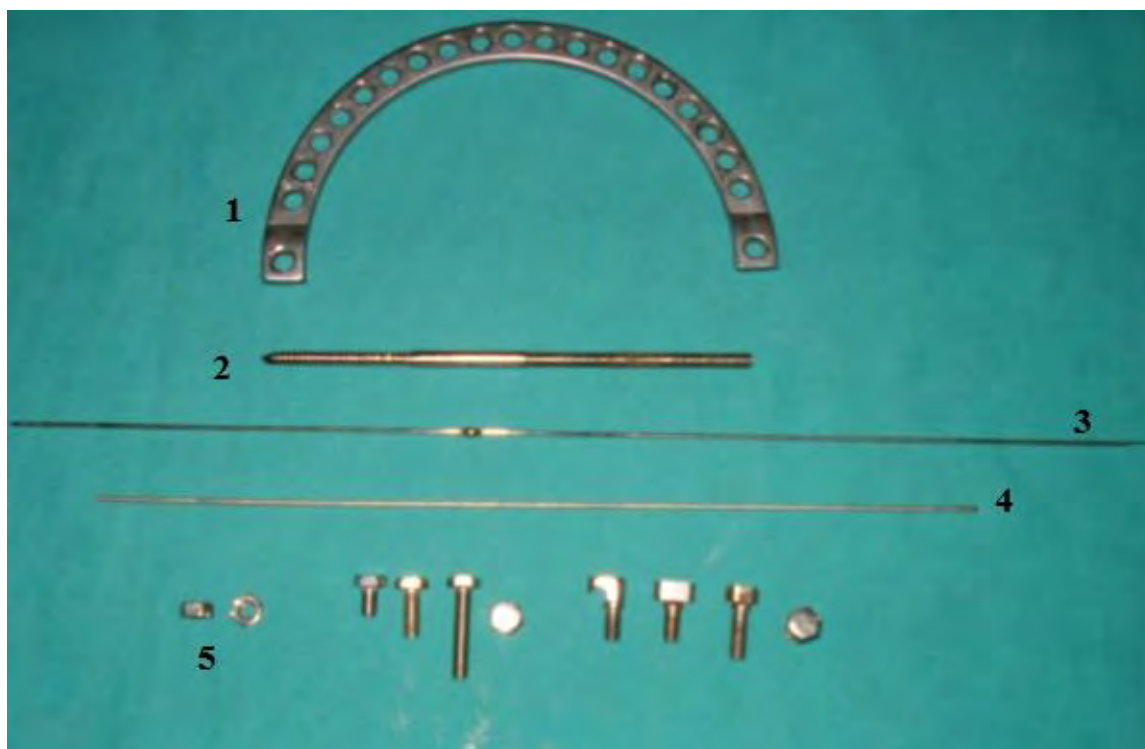
❖ Des points de suture séparés fermaient la peau.**Le fixateur externe Ilizarov**

➤ Matériels

L'appareil se composait de 32 éléments de tailles différentes. Parmi ces éléments, un certain nombre sont dits standard car retrouvés sur tous les montages quel que soit leur type :

- les broches, avec ou sans olive : on en distinguait plusieurs
 - Broches à pointe baionnette (os corticale) de diamètre variable
 - Broches à pointe trocart (os spongieux) de diamètre variable
 - Broches Ilizarov à butée ou "olive "
- les anneaux et les demi-anneaux de diamètre variable (120, 130, 135, 160, 180,200)
- les tiges de liaison : on distingue les tiges filetées, de distraction et télescopiques
- les plaques de liaison
- les drapeaux avec embout fileté male ou femelle
- les arceaux avec fente ou avec trous en quinquonce
- les brides de serrage,
- les boulons tenseurs et les boulons à fente (pour les broches)

Le reste du matériel était plus spécifique car adapté au type de pathologie traitée (tiges télescopiques, filetées avec fente, pieces de jonction, manchons filetés et prolongateurs)



- 1- Anneau semi-circulaire
- 2- Fiches de Schanz
- 3- Broches à olive
- 4- Broche simple
- 5- Ecrous
- 6- Boulons (6mm X 20mm), rondelles et écrous
- 7- Boulons échancrés ou canulés (6mm X 20 mm)

Figure 54: Matériels standard FE Ilizarov [9]



- 1- Plaques de connexion (droite ou courbe et torsadées)
- 2- Drapeaux (mâle et femelle)
- 3- Plaque de connexion torsadée
- 4- Plaque de connexion courbe
- 5- Prolongateurs et manchons
- 6- Tiges filetées de 6 mm de diamètre
- 7- Tiges télescopiques

Tiges filetées de 6 mm de diamètre

➤ **Figure 55: Pièces de connexion du FE Ilizarov [9]**Installation

Le membre opéré devait être libre de ses mouvements et dégagé de tout obstacle jusqu'à sa racine. Il était préférable d'utiliser un pelvi-support dégageant la fesse et la région de l'aîne.

➤ Mise en place des broches

Le plan d'introduction des broches pouvait se déterminer par 2 méthodes:

-Dans la première, les parties supérieures et inférieures du demi-anneau pouvaient être marquées sur la peau à l'aide d'un marqueur épidermique passant le long de l'anneau. Ces repères sur la peau pouvaient ensuite aider le chirurgien à déterminer l'angle d'introduction de la broche.

-Dans la seconde : les demi-anneaux pouvaient être maintenus en position, et les broches guides introduites au dessus de la face supérieure et au dessous de la face inférieure de l'anneau, en utilisant l'anneau lui-même comme guide d'introduction des broches.

La deuxième méthode était utilisée dans notre série.

Cet anneau devait être maintenu de façon à être perpendiculaire à la ligne médiane de l'os dans son état pré opératoire à ce niveau. Si les deux broches sont utilisées, elles doivent être introduites de façon à présenter entre elles un angle d'environ 90 °. Il arrivait parfois que des considérations anatomiques empêchent de réaliser des différences angulaires de 90 ° entre les broches.

Dans ce cas les broches devaient être orientées selon un angle aussi proche que possible de 90°. Si l'on utilisait deux broches, l'une devait passer par une parallèle à la face supérieure de l'anneau et l'autre suivant sa face inférieure.

Les broches étaient implantées perpendiculairement à la diaphyse.

Deux à trois broches par anneau suffisaient habituellement.

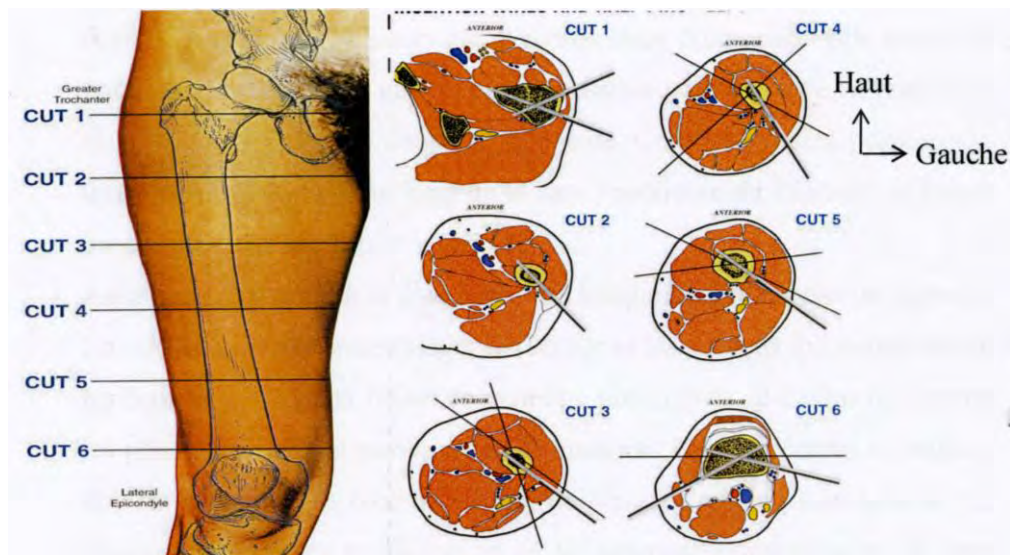
Chaque broche devait traverser la peau sans incision au bistouri et poussée jusqu'au contact osseux. Le moteur ne devait servir qu'à la traversée des deux corticales.

Au voisinage des articulations et de façon à ne pas entraver la contraction musculaire, il était essentiel d'appliquer la règle suivante :

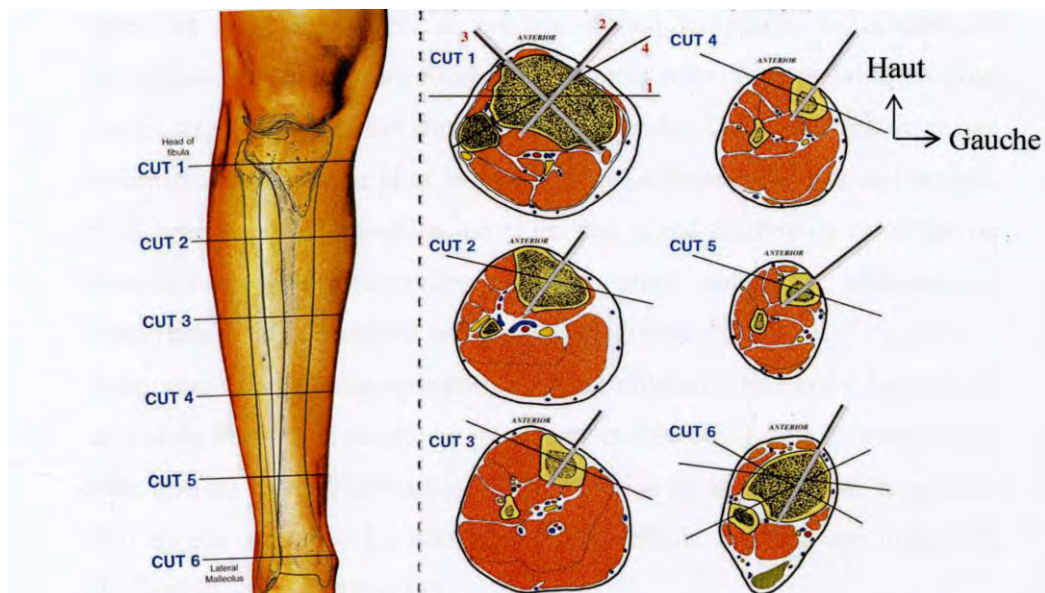
-sur une face de flexion, la broche devait pénétrer membre en extension

-sur une face d'extension, la broche devait pénétrer en flexion

L'introduction et la sortie de chaque broche devaient éviter le trajet des axes vasculo-nerveux.



A : Coupe anatomique de la cuisse



B : Coupe anatomique de la jambe.

Figure 56 : Coupes anatomiques de la cuisse et de la jambe. (Catagni M.A: Atlas for the insertion of transosseous wires and half-pins. Editor: A. Bianchi Maiocchi)

La taille des anneaux était choisie de manière à disposer de deux travers de doigt entre la peau et l'anneau.

Les broches de Kirschner (16 /10 ou 18/10) par anneau étaient implantées perpendiculairement à l'axe de la diaphyse, de manière à former entre elles un angle

compris entre 30 et 90 degrés.

Une grande variété de montages était offerte au chirurgien. Cependant le montage hybride comportant des broches et des fiches de schanz était le plus utilisé dans notre série.

➤ Corticotomie

Une corticotomie en timbre poste était pratiquée chez nos patients.



Figure

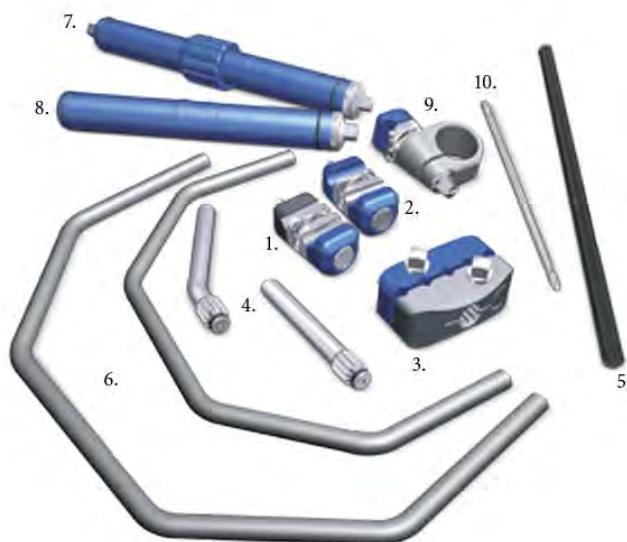
57:Montage d'un FE Ilizarov au niveau du fémur [9]



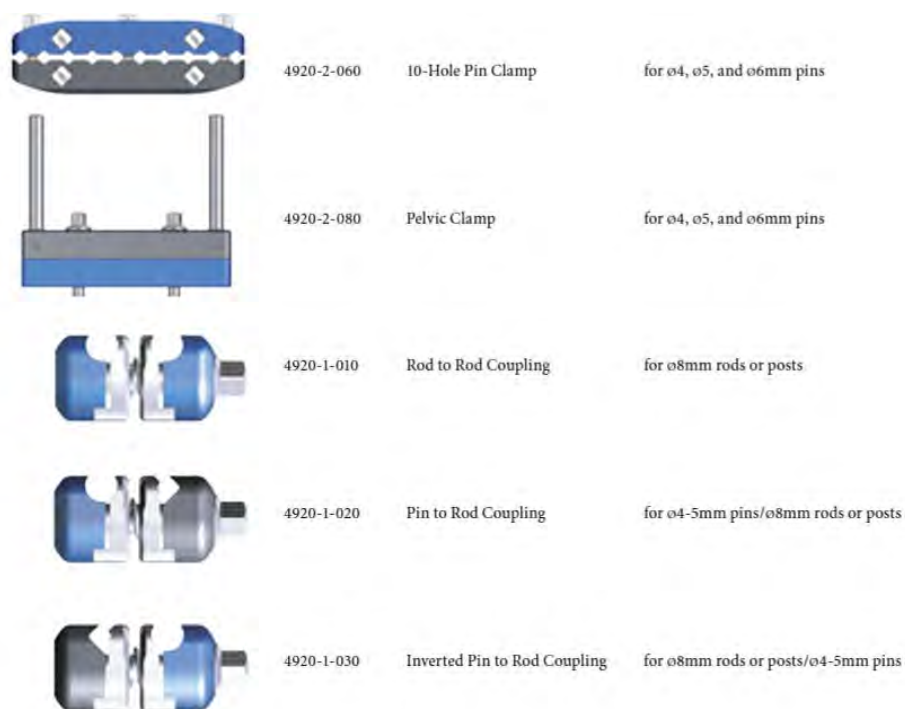
Figure 58: Corticotomie métaphysaire au niveau fémur sur FE Ilizarov [9]

❖ Le fixateur externe Hoffman

➤ Matériels



1. Pin to Rod Coupling
2. Rod to Rod Coupling
3. 5-Hole Pin Clamp
4. Straight Post / 30° Angled Post
5. ø8mm Connecting Rods
6. Semi-Circular Aluminum Connecting Rods
7. Dynamization Tube
8. Compression/Distracton Tube
9. Tube to Rod Coupling
10. Apex® Self-Drilling Pins



B

Figure 59: A: Ancillaire Hoffman 2 B: Rotule et porte fiches Hoffman 2

➤ Principe de pose

Le principe de pose est quasi identique au fixateur monolatéral (Orthofix).

Des fiches de 4,5 mm autoperforantes sont en général utilisées. À défaut, un pré-forage à l'aide d'une mèche est réalisée. Ces fiches sont placées à égale distance en configuration 2/2 et pas trop éloignées. Les portes fiches sont également placées au minimum à 2,5 cm de la peau afin de faciliter les soins post opératoires. La mise en place des barres d'union se fait à l'aide des rotules correspondantes et permet ainsi un montage en cadre.

Ces barres d'union assureront la stabilité et permettront en même temps la distraction.

Un pré-serrage est nécessaire avant le geste de corticotomie qui est classique (en timbre poste) après un mini abord par voie antero externe (fémur). Un serrage définitif est par la suite réalisé.



Figure 60: Montage d'un FE Hoffman au niveau du fémur

2.3.3.3. Soins post-opératoires

La distraction commençait au 10^{ème} jour pour les fixateurs Orthofix avec 1 mm de distraction par jour à raison d'un quart de tour toutes les six heures.

Concernant le fixateur Hoffman et Ilizarov, la distraction était variable de 6 jours en moyenne avec un rythme d'un demi tour toutes les douze heures.

Des radiographies de contrôle post-opératoires étaient réalisées chez tous les patients.

La sortie du patient était effectuée après un counselling sur la méthode de distraction (patient et famille).

Le patient était revu en consultation toutes les 2 à 3 semaines avec des clichés radiographiques de face et profil du site opératoire. Au besoin lui seront demandés les radiographies des articulations sus et sous-jacentes.

Les soins locaux au niveau des orifices se faisaient en ambulatoire, essentiellement à l'aide d'une solution antiseptique à base d'iode. Une compresse sèche était maintenue au contact de l'orifice par un bouchon silicone.

2.3.4. Rééducation fonctionnelle

Elle comprenait:

- Mouvements actifs dès le lendemain de l'intervention avec mobilisation articulaire et mise en appui progressif.
- Renforcement musculaire et assouplissement articulaire après ablation.
- Mobilisation articulaire sous anesthésie générale à l'ablation du matériel. Parfois une libration de Judet était réalisée dans les raideurs sévères du genou.

Cette rééducation est soumise à la tolérance de la douleur.

2.3.5. Ablation du matériel

La décision de l'ablation se basait sur un contrôle radiologique (clichés de face et de profil) en faveur d'une consolidation ou d'un régénérat de bonne qualité.

Elle était réalisée soit en salle de pansement sous anesthésie locale, soit au bloc opératoire sous anesthésie générale et elle était précédée d'une mobilisation raisonnable des articulations enraidies.

2.3.6. Paramètres étudiés

- Aspects épidémiologiques (l'âge et le sexe des patients)
- Mesure et siège de l'ILMI : Elle se faisait essentiellement par la technique du mètre ruban ou des planchettes avec confirmation à la pangonométrie dans les limites du possible.
- Etiologies des ILMI
- Stabilité et mobilité articulaire

La stabilité de la hanche et du genou était évaluée cliniquement et parfois radiologiquement.

Les hanches considérées comme potentiellement instables sont :

- les hanches dysplasiques avec un angle de couverture externe (VCE) inférieur à 20 °
- les hanches en attitude vicieuse (flessum, adductum) avec lyse importante de la tête fémorale
- les hanches avec position ectopique de la tête fémorale.

Les genoux considérés comme instables étaient :

- les genoux avec une instabilité sur le plan frontale et / ou sagittale
- les genoux en attitude vicieuse
- les genoux subluxés

La mobilité articulaire était évaluée à l'aide d'un goniomètre. Les amplitudes de mouvement étaient classées en 3 catégories.

MOBILITE	Flexion Hanche	Flexion genou
BONNE	supérieure à 90°	supérieure à 90 °
MOYENNE	(0 - 90 °)	(0 - 90 °)
ABSENTE	0 °	0 °

Tableau II: Evaluation de la mobilité articulaire

- Protocole d'anesthésie et Installation du malade
- Type d'allongement et le site de l'allongement

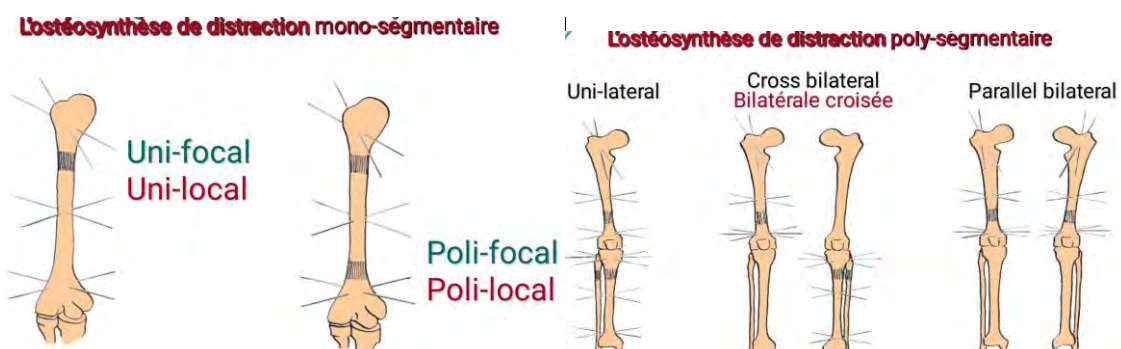


Figure 61: Type et site d'allongement selon la classification de Shevtsov [113]

- Type de Fixateur externe utilisé
- Site de corticotomie
- Délai avant distraction
- Allongement effectué
- Gestes adjuvants à l'allongement
- Aspect radiologique du régénérat

Il s'agissait de l'aspect du régénérat à la fin de la phase d'allongement

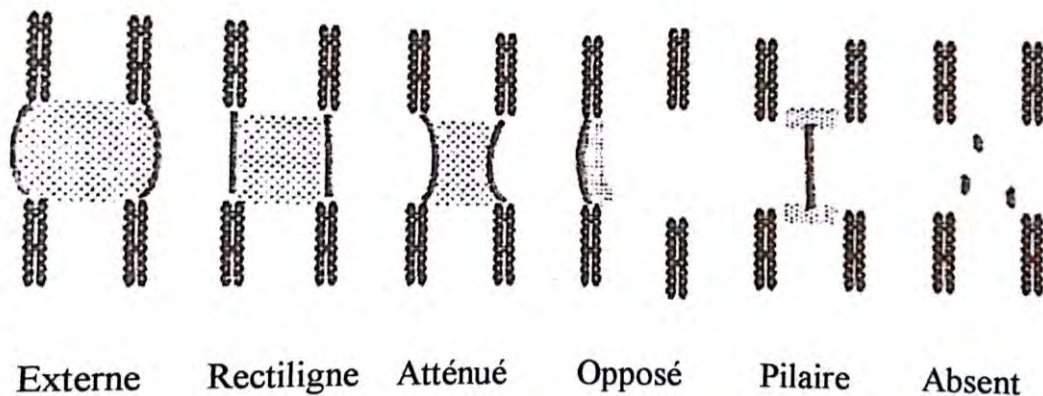


Figure 62: Classification du régénérat selon Chiaki [35]

- Durée du traitement et Index de consolidation

L'index de consolidation était défini comme étant le temps en jour nécessaire pour allonger et consolider un centimètre de segment osseux.

IG = Temps de traitement / nombre de centimètres allongés

- **Rééducation**
- Evaluation des complications

Les complications étaient classées :

a) Chronologiquement d'après la classification de Tachdjian [120]

Opératoires	Broches	Blessure vasculo-nerveuse
	Ostéotomie	Altération vascularisation osseuse Trait oblique ou communif
Post-opératoires		Syndrome des loges Nécrose cutanée Infection
	Interface broches-fiches	Nécrose Infection Ostéite
Allongement	Muscles	Rétraction Faiblesse musculaire
	Nerfs	Paralysie du SPE Paralysie crurale ou sciatique
	Vaisseaux	Hypertension Erosion d'un vaisseau par une fiche Thrombose veineuse Oedème
	Articulations	Subluxation et Luxation Raideur
	Os	Déviations plastiques du cal
Consolidation	Os	Pseudarthrose Fracture du cal Cal vicieux

Tableau

III: Problèmes et complications des allongements d'après Tachdjian [120]

B) Selon le type de complications : mécaniques et biologiques

Complications mécaniques :

- Déformation plastique du cal
- Raideur articulaire
- Arrachement des broches
- Subluxation articulaire
- Fracture du régénérat

Complications biologiques :

- Absence de régénérat ou retard de consolidation
- Consolidation précoce (pont osseux)
- Infection orifices et escarres

Stade 0 : orifices sains
 Stade 1 : inflammation
 Stade 2 : écoulement
 Stade 3: ostéite

c) selon la gravité des complications [31]

Type complication	Définition
Absente	
Bénigne	Complication ne nécessitant aucune intervention non prévue au programme Complication ne nécessitant aucune anesthésie
Sérieuse	Complication nécessitant une intervention non prévue au programme d'allongement Complication nécessitant une anesthésie non prévue au programme d'allongement
Sévère	Complication laissant une séquelle Allongement abandonné en cours de programme Allongement sans bénéfice fonctionnel pour le patient

Tableau IV: Classification de la gravité des complications selon Caton et coll [31]

Le déroulement du traitement était classé en catégories.

Catégorie	Conditions
I	Aucune complication n'a modifié le programme
II	Une complication au moins a modifié le programme
III	Une complication a laissé une séquelle L'allongement prévu n'a pas pu être réalisé L'allongement n'a pas apporté de bénéfice fonctionnel

Tableau V : Classification du déroulement d'un allongement selon Caton et coll. [31]

- Evaluation de la douleur en fin d'allongement :
 - articulaire,
 - lombaire
 - musculaire (contracture)
 - cicatrices
 - orifices broches ou fiches

Toutes les données ont été recueillies sur des fiches d'enquête individuelles puis informatisées

RESULTATS

3. Résultats

3.1. Données anatomo-cliniques

3.1.1. Indications

Les pathologies orthopédiques représentaient la principale cause avec les séquelles d'ostéoarthrites de hanche qui prédominent (67 % des cas).

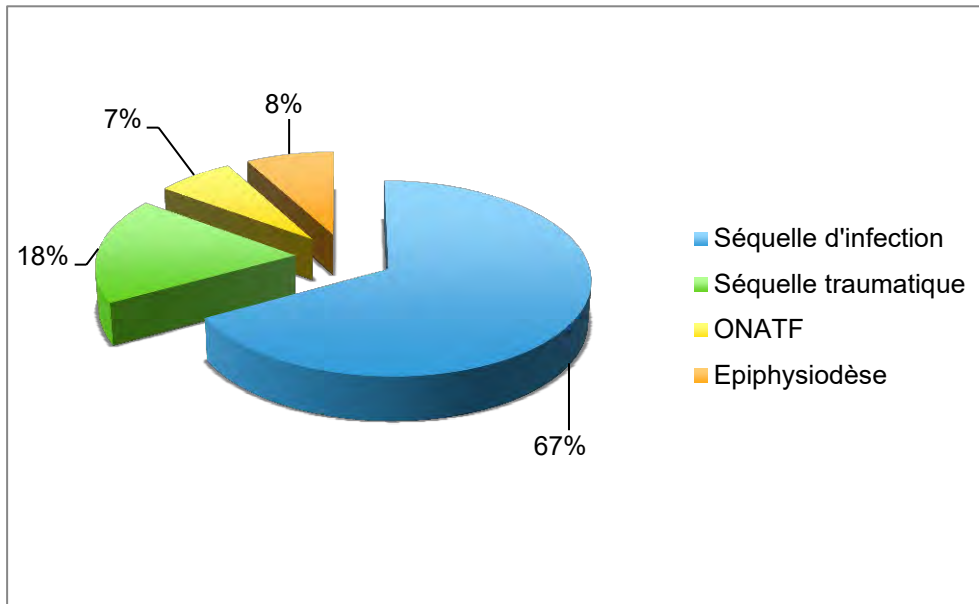


Figure 63: Répartition des différentes étiologies

3.1.2. Raccourcissement

Le raccourcissement moyen était de 59,48 mm avec des extrêmes de 17 et 190 mm.

3.1.3. Stabilité articulaire

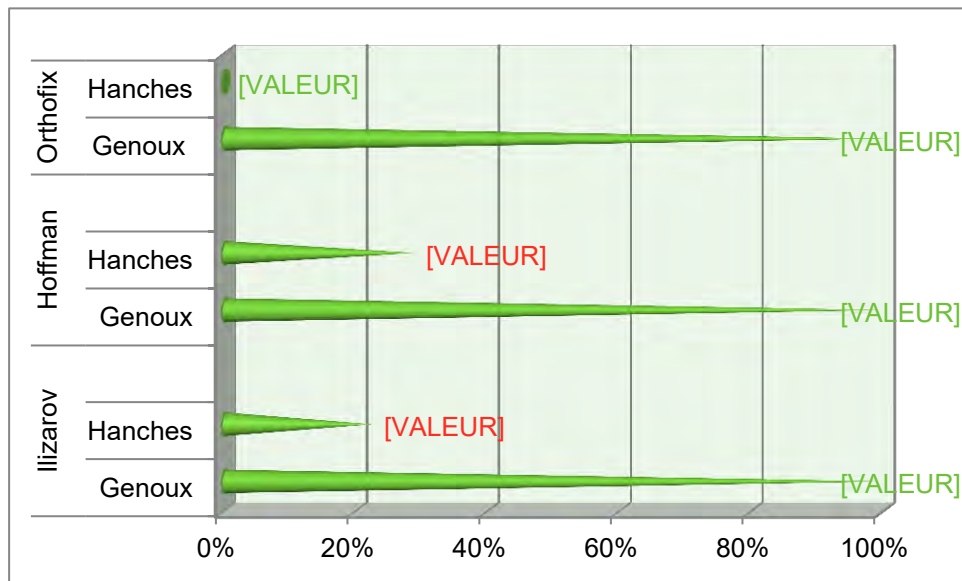


Figure 64: Stabilité articulaire en fonction du FE

-25,38 % des hanches étaient jugées instables avant l'allongement.

-Tous les genoux étaient stables avant l'allongement.

3.1.4. Amplitude des mouvements en pré-opératoire

-La mobilité pré-opératoire du genou en flexion était bonne chez 82,40 % des patients.

-La mobilité pré-opératoire de la hanche était bonne chez 66,10 % des patients.

-Aucune raideur articulaire n'était notée avant le début de l'allongement.

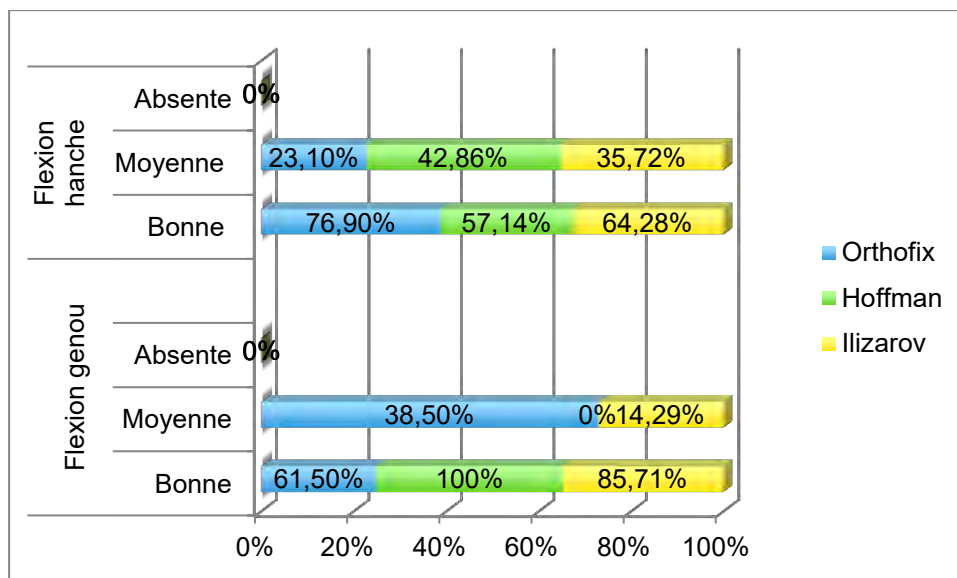


Figure 65: Mobilité préopératoire du genou et de la hanche en flexion en fonction du FE

3.1.5. Allongement effectué

Globalement, l'allongement moyen dans notre série était de 49,48 mm avec des extrêmes de 15 et 150 mm.

Un allongement moyen de 55,89 mm (15-150) avait été effectué avec le fixateur Ilizarov et 43,07 mm (35-70) avec le fixateur Orthofix.

L'égalisation, en termes de longueur des membres était obtenue chez 25,76 % des patients. Une inégalité résiduelle était observée chez 70,53 % des patients.

Un hyper-allongement était noté qu'avec les patients porteurs d'un fixateur externe Ilizarov.

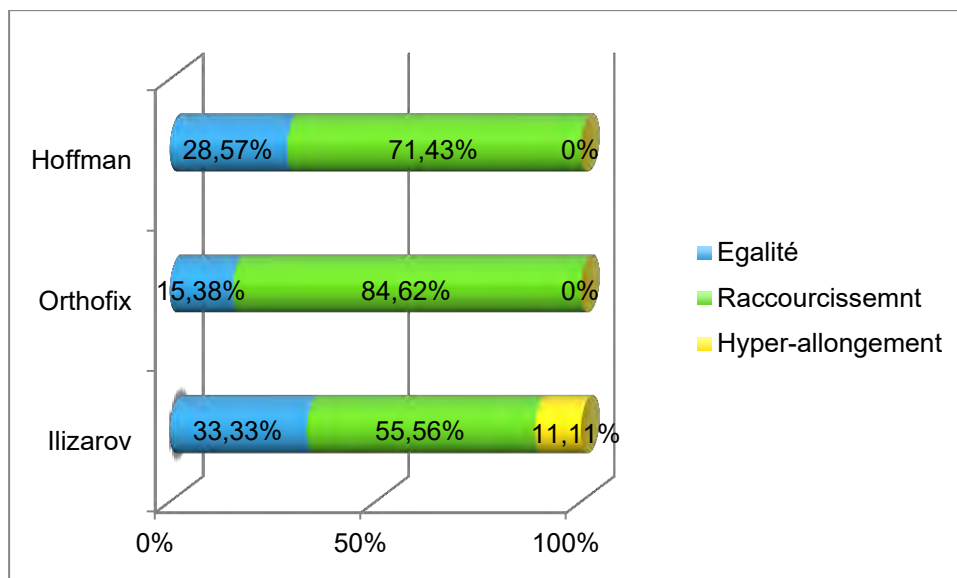


Figure 66: Résultats de l'allongement en fonction du FE

3.1.6. Aspect du régénérat

L'aspect rectiligne et externe du régénérat est beaucoup plus retrouvé dans notre série avec des proportions globalement similaires en fonction du fixateur externe.

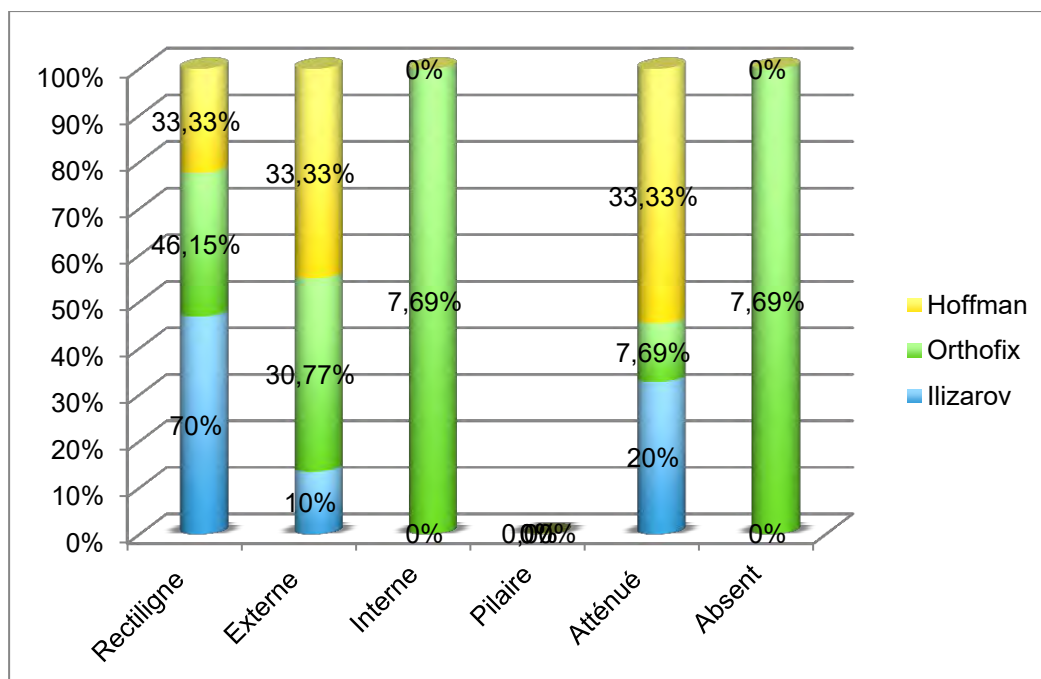


Figure 67: Aspect du régénérat en fonction du FE

3.2. Aspects thérapeutiques

3.2.1. Installation et anesthésie

L'intervention était réalisée au bloc opératoire sous anesthésie locorégionale dans la majorité des cas (86 %), sans utilisation de l'amplificateur de brillance (79 %) et sur table ordinaire (91 %).

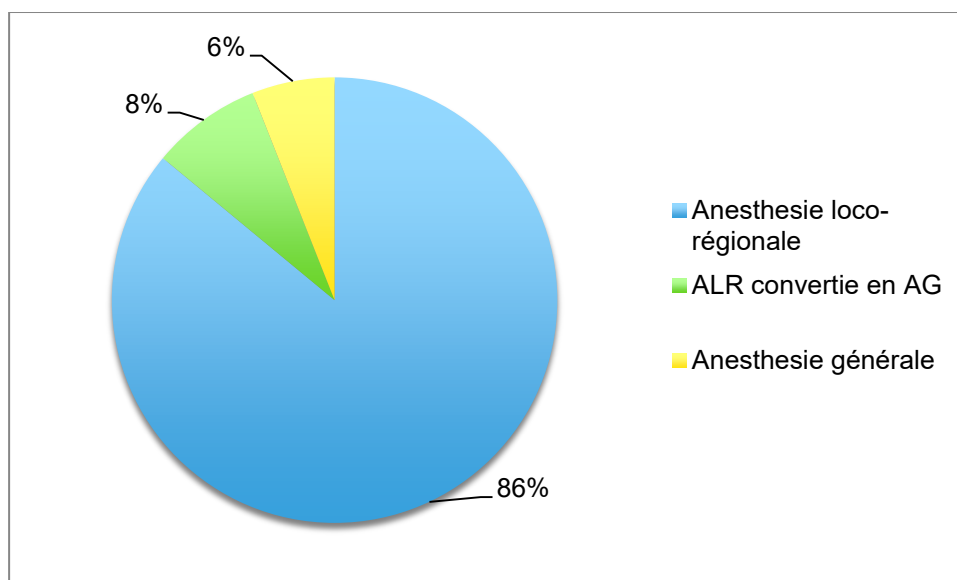


Figure 68: Répartition des patients selon le type d'anesthésie

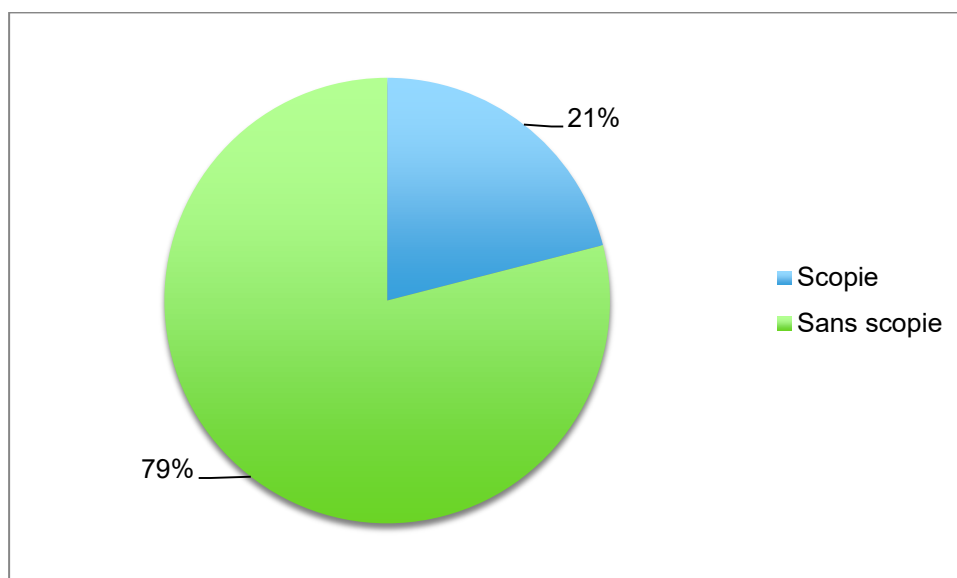


Figure 69: Répartition des patients selon l'utilisation de l'amplificateur de brillance

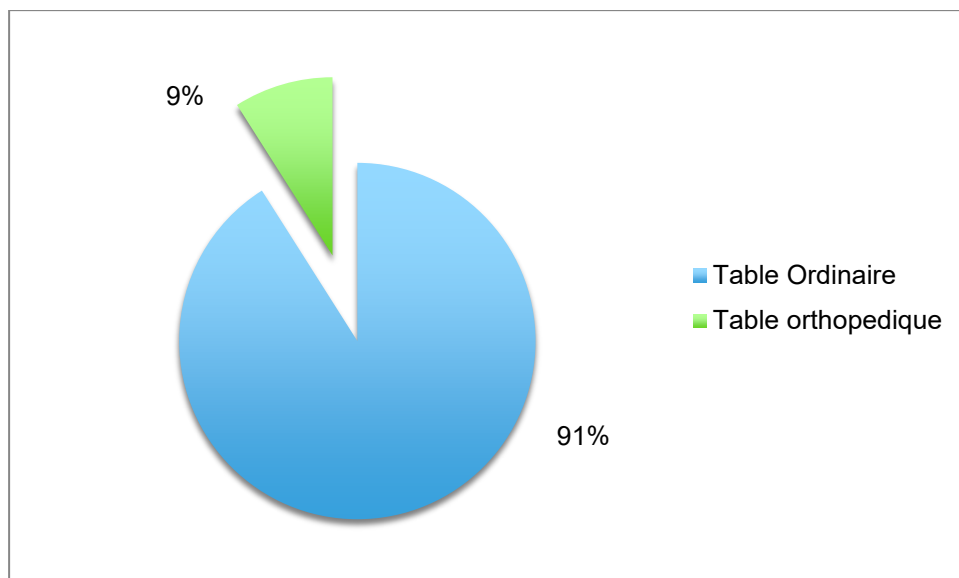


Figure 70: Répartition des patients selon le type d'installation

3.2.2. Type d'allongement et site de l'allongement

Un allongement mono-segmentaire était réalisé dans la majorité des cas. Le site d'allongement préféré était le fémur (48 patients soit 92 %).

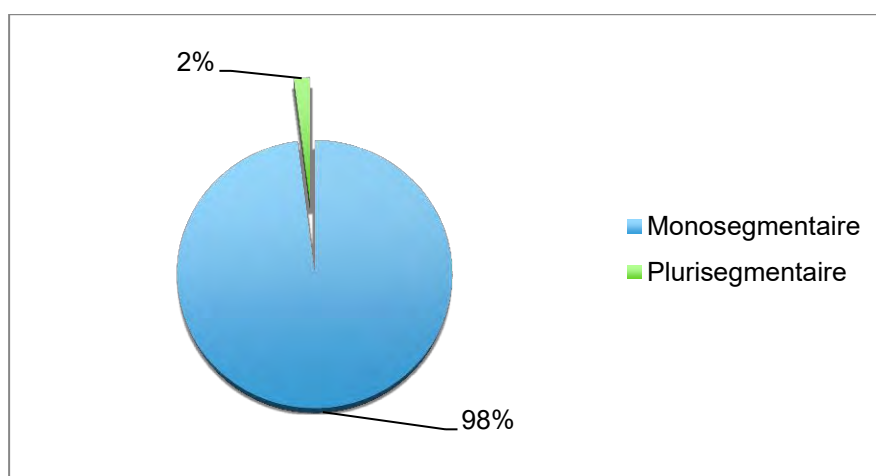


Figure 71: Type d'allongement

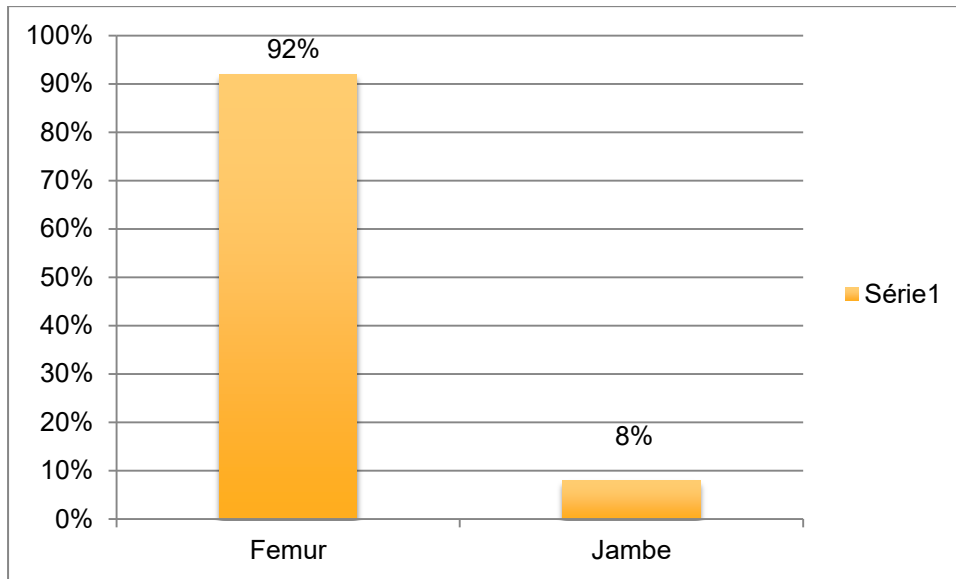


Figure 72: Site de l'allongement monosegmentaire

3.2.3. Type de Fixateur externe

Cinquante-deux patients ont bénéficié d'un allongement progressif des membres inférieurs par fixateur externe. Différents types de fixateurs étaient utilisés.

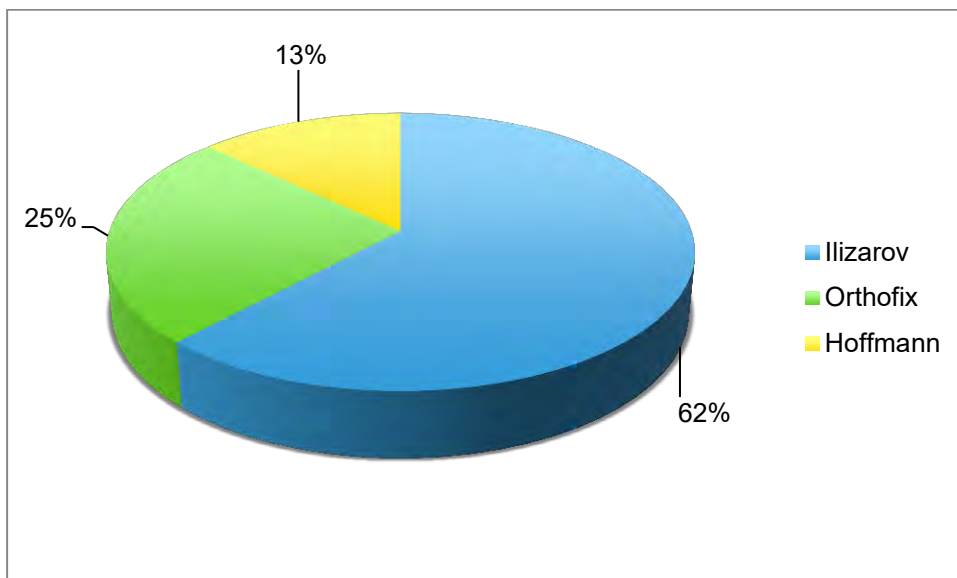


Figure 73: Répartition des patients selon le type de fixateur externe

3.2.4. Site de corticotomie

Une corticotomie en région diaphysaire était beaucoup plus retrouvée avec les fixateurs monolatéraux (Orthofix et Hoffman).

Concernant le fixateur Ilizarov, c'est la corticotomie en région métaphysaire qui prédominait (72,2 % des patients Ilizarov).

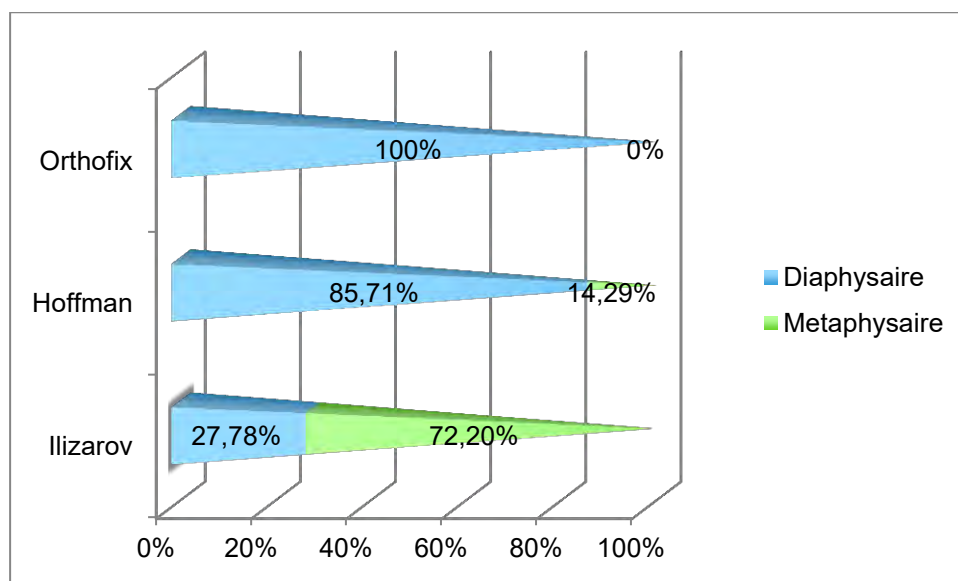


Figure 74: Site de corticotomie en fonction du type de fixateur externe

3.2.5. Délai avant distraction

Le délai dans notre série était de 7 jours avec des extrêmes de 1 et 18 jours. La distraction était réalisée par le patient ou un de ses proches. La durée d'hospitalisation moyenne était de 8,5 jours avec des extrêmes de 3 et 18 jours.

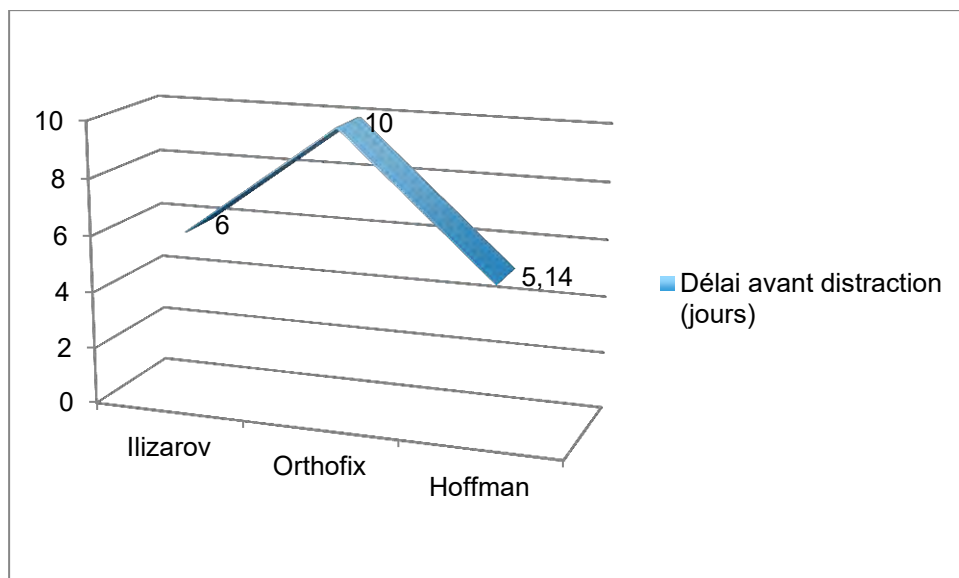


Figure 75: Délai avant distraction en fonction du type de FE

3.2.6. Durée du traitement et Index de consolidation.

La durée moyenne du traitement était de 250,86 jours avec des extrêmes de 110 et 403 jours.

L'index de consolidation moyen était de 60,23 jours par cm allongé avec des extrêmes de 19 et 153 jours.

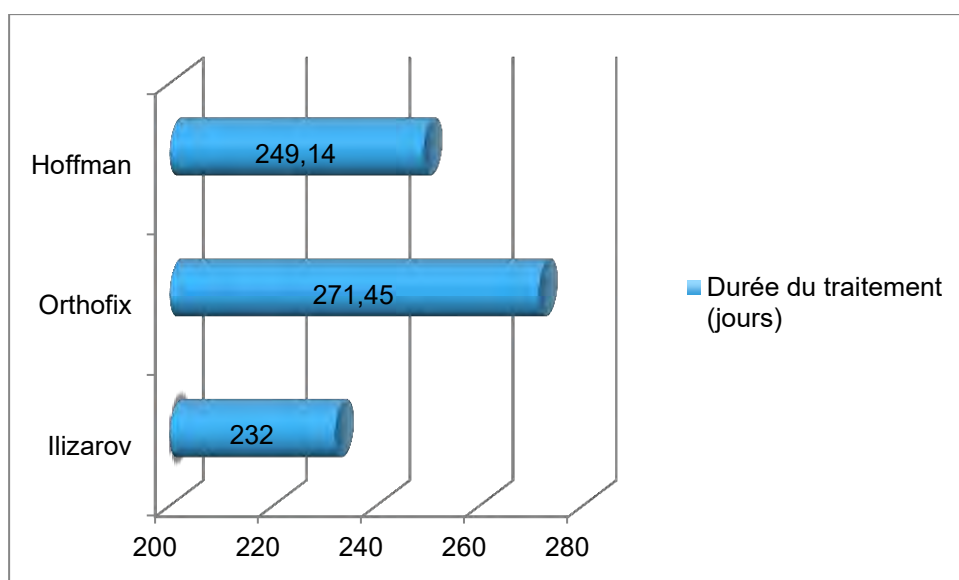


Figure 76: Durée du traitement en fonction du FE

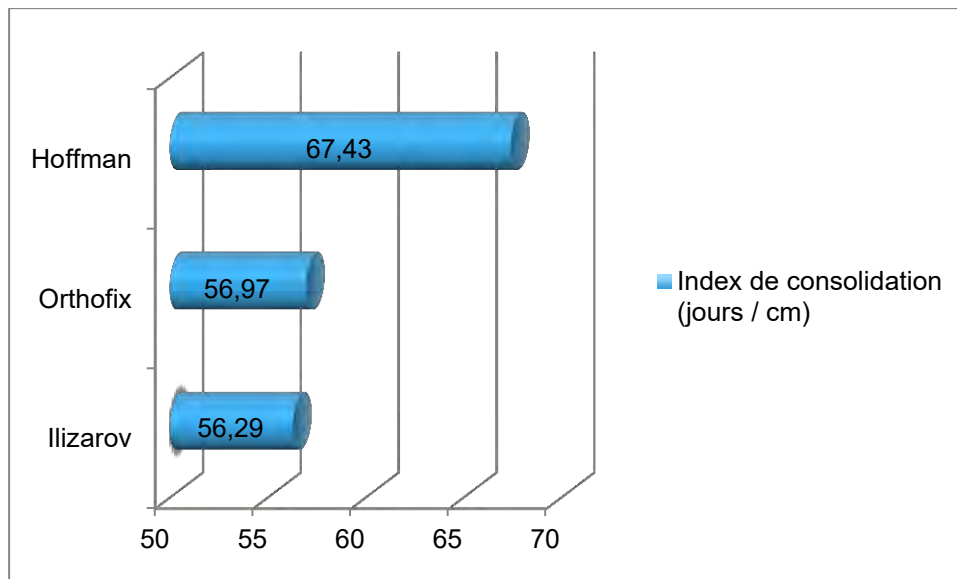


Figure 77: Index de consolidation en fonction du type de FE

3.2.7. Gestes adjuvants

Une ténotomie percutanée des adducteurs était réalisée chez 4 patients en peropératoire.

Un changement du type de fixateur était réalisé chez 1 patient (Hoffman vers Ilizarov) au cours de la phase d'allongement.

Un changement de fiches était réalisé chez 2 patients porteurs d'un fixateur externe Orthofix au cours de la phase d'allongement.

Une immobilisation plâtrée était réalisée chez 4 patients après ablation du fixateur externe.

3.2.8. Rééducation

Un renforcement musculaire et un assouplissement articulaire dans un centre avaient été préconisés chez 82,14 % des patients.

3.3. Aspects évolutifs

3.3.1. Complications

3.3.1.1. Complications peropératoires

L'écèlement cortical était la seule complication notée. Il était observé chez 7 patients (6 Ilizarov / 1 Hoffman), représentant 11,01 % des patients de notre série.

3.3.1.2. Complications post-opératoires immédiates

Aucune complication n'était observée dans notre série.

3.3.1.3. Complications durant la phase d'allongement

❖ Complications mécaniques

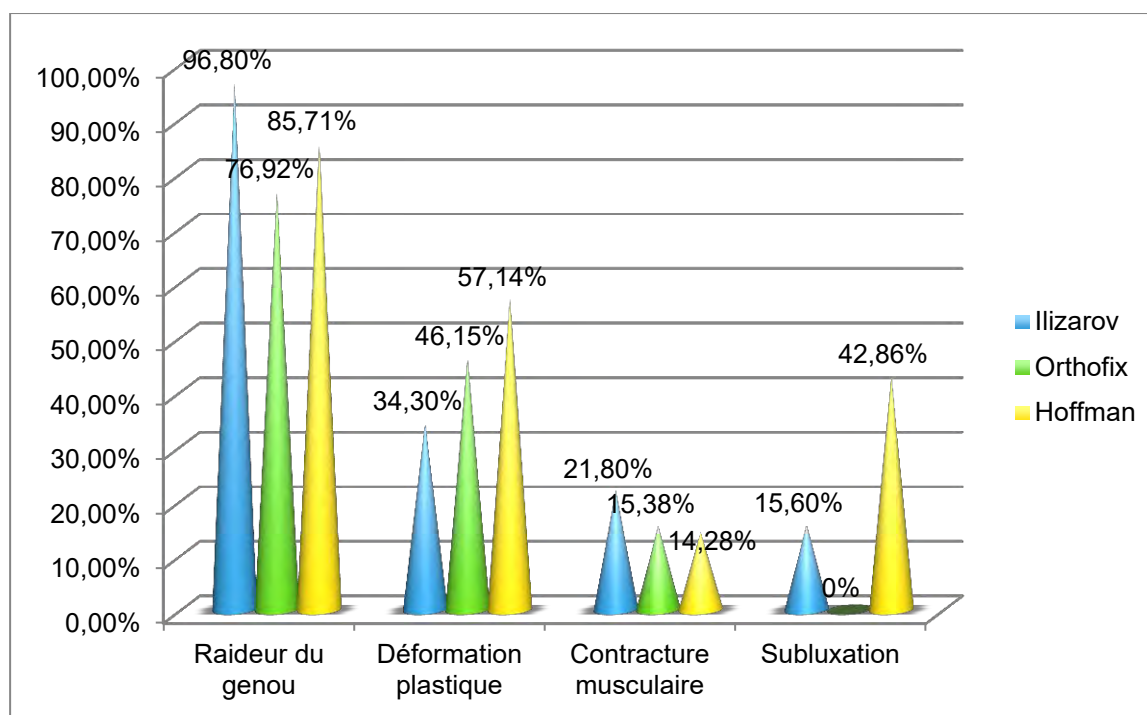


Figure 78: Répartition des complications mécaniques à la phase d'allongement en fonction du FE

86,47 % des patients de notre série présentaient une limitation sévère de la fonction du genou avec une mobilité en flexion de l'ordre de 18,75 °. Cette raideur était constante quelque soit le type de fixateur externe utilisé.

17,15 % des patients présentaient une contracture musculaire.

19,48 % des patients présentaient une subluxation dont 4 subluxations de hanche et 4 subluxations de genou. Nous avons noté une subluxation tibio-péronière distale chez un patient Orthofix.

45,86 % des patients de notre série présentaient une déformation plastique soit en varus ou en flessum. Les déformations en varus étaient plus fréquentes avec les fixateurs monolatéraux.

Les déformations en flessum étaient plus fréquentes avec les patients Ilizarov mais retrouvées également avec les patients Orthofix et Hoffman. (Graphique 20)

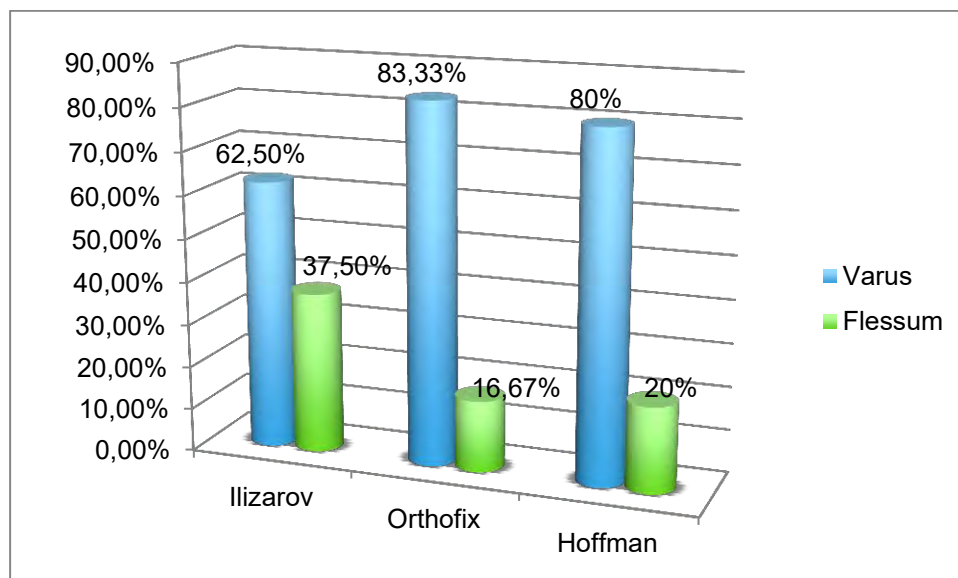


Figure 79: Type de déformation en fonction du FE à la phase d'allongement

❖ Complications biologiques

38,46 % des patients de notre série présentaient des complications d'ordre biologique. (Tableau 6).

Complications	Fréquence	Pourcentage
Infection	13	25 %
Saignement	1	1,92 %
Consolidation précoce	4	7,7 %
Retard de consolidation	2	3,85 %

Tableau VI: Complications biologiques globales durant la phase d'allongement

Les infections (escarres, orifices broches et fiches) étaient beaucoup plus retrouvées (25 % des patients) quelque soit le type de FE.

La majeure partie de ces infections étaient superficielles.

Un retard de consolidation était retrouvé avec le FE Orthofix. Une consolidation précoce était également retrouvée avec les fixateurs Orthofix et Ilizarov.

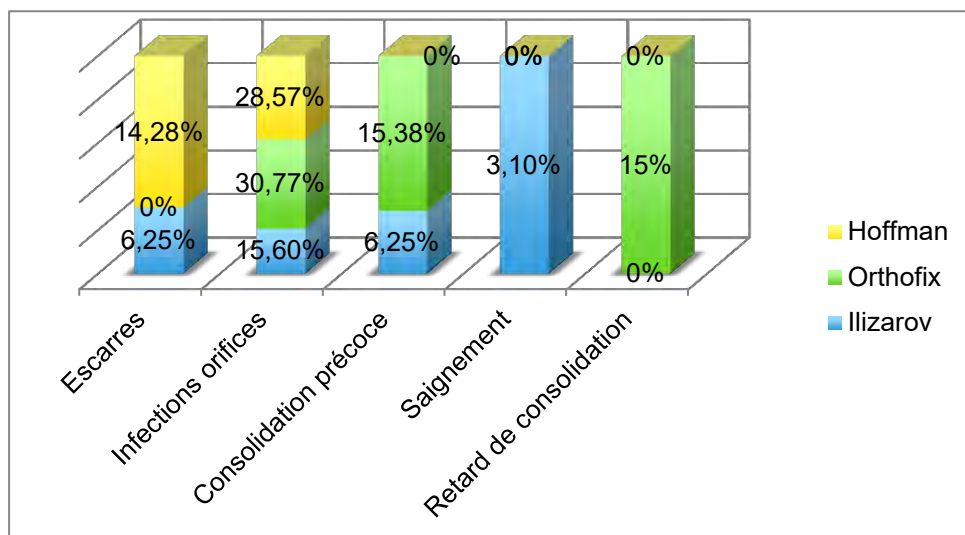


Figure 80:

Type d'infections en fonction du FE durant la phase d'allongement

Infection au niveau des orifices des broches ou fiches

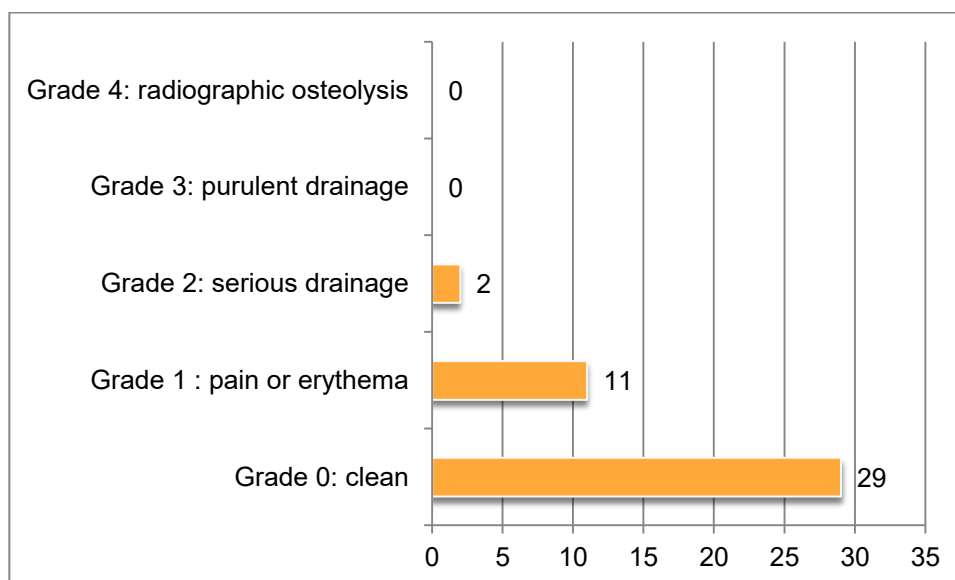


Figure 81: Répartition de l'état des orifices des broches des patients selon la classification de Moore and Dahl

3.3.1.4. Complications durant la phase de consolidation

❖ Complications mécaniques

86,53 % des patients de notre série (45) présentaient une limitation de la fonction du genou.

Cette raideur du genou était beaucoup plus retrouvée avec les fixateurs Ilizarov et Hoffman (96,80 % et 85,71 %) mais elle était également présente avec le FE Orthofix (61,53 %).

Elles nécessitaient un renforcement de la kinésithérapie, une mobilisation sous anesthésie générale du genou qui a été réalisée chez 4 patients (4 Orthofix). Cette mobilisation sous AG était quasi-systématique chez les patients Ilizarov lors de l'ablation du MOS.

Une intervention de judet en cas d'échec de la mobilisation sous AG était réalisée 6 fois avec un gain de mobilité en flexion de l'ordre de 20 ° en moyenne.

3,85 % des patients de notre série présentaient une pseudarthrose du régénérat avec le FE Orthofix.

3,85 % des patients de notre série présentaient une fracture du régénérat avec le FE Orthofix.

9,61 % des patients présentaient avec le FE Ilizarov une subluxation avec une proportion de 60 % pour la hanche et 40 % pour le genou.

38,54 % des patients de notre série présentaient un cal vicieux avec des proportions sensiblement similaires en fonction du FE utilisé. Les déformations en varus étaient plus fréquemment retrouvées.

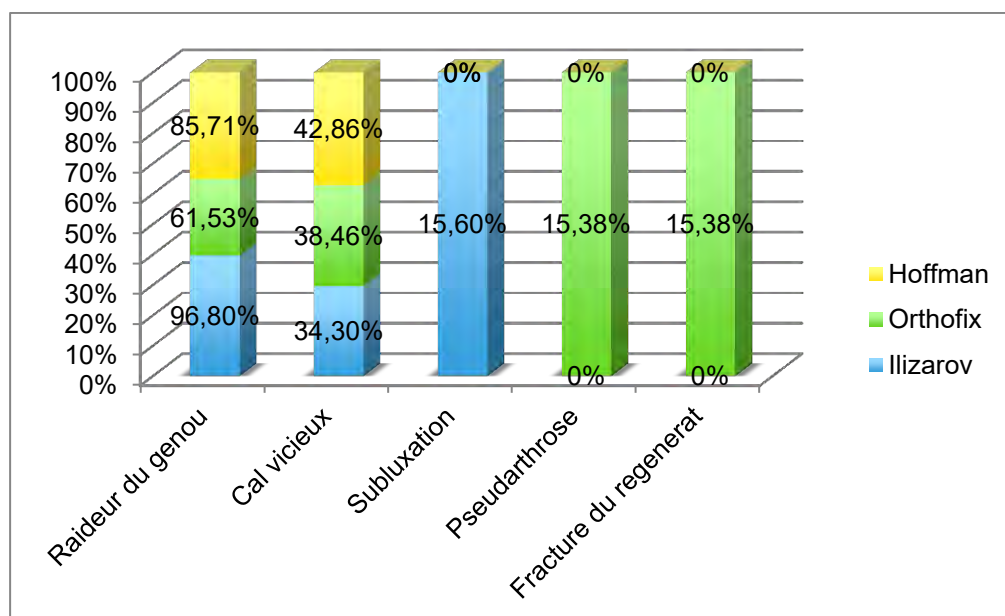


Figure 82: Complications mécaniques à la phase de consolidation en fonction du FE

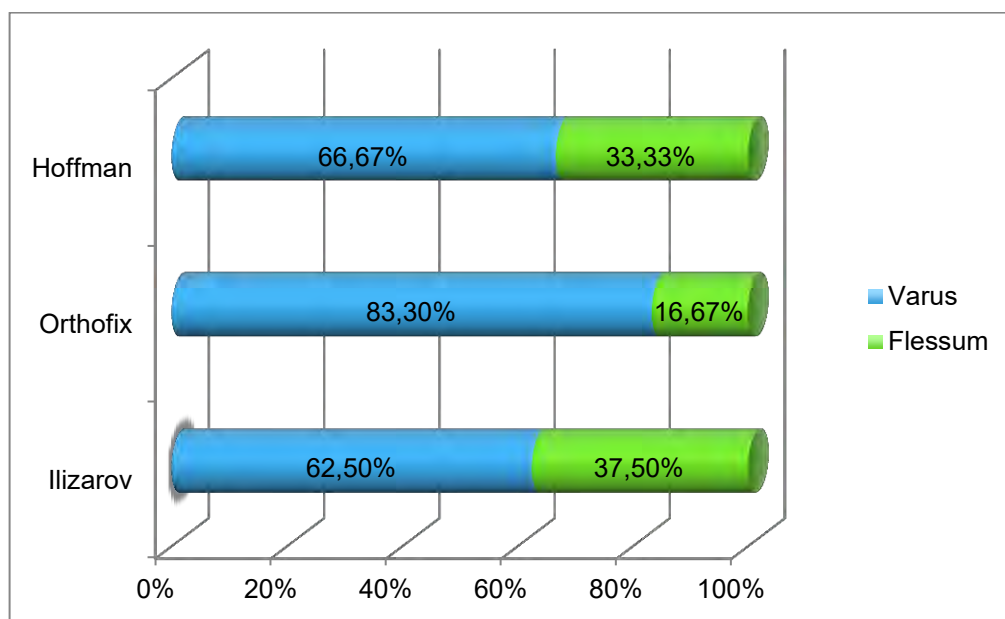


Figure 83: Type de déformation en fonction du FE

❖ Complications biologiques

Elles étaient essentiellement représentées par les infections. En moyenne, 18,75 % des patients Ilizarov, 14,28 % des patients Hoffman et 7 % des patients Orthofix.

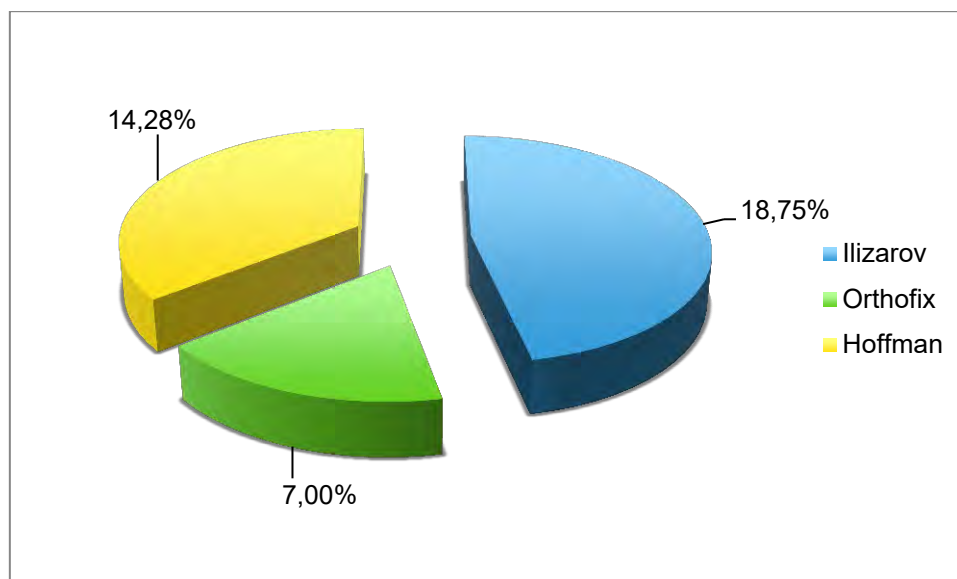


Figure 84 A : Taux d'infections en fonction du FE

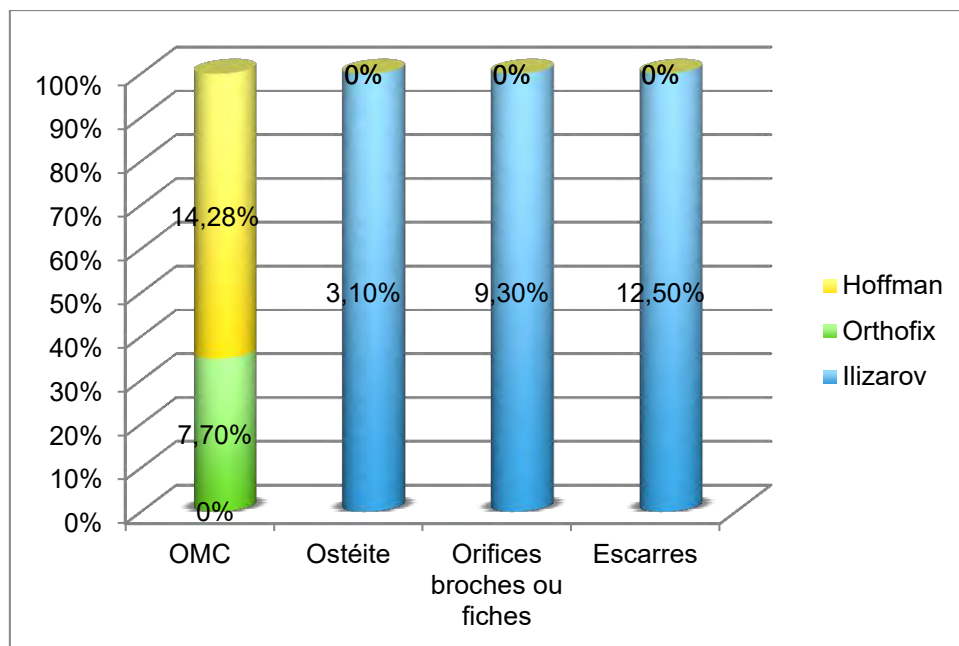


Figure 84 B: Type d'infections à la phase de consolidation en fonction du FE

3.4.3. Séquelles

Douleur :

6 % des patients de notre série présentaient une douleur résiduelle de la cuisse en fin de traitement.

Mobilité du genou :

La mobilité post opératoire du genou était bonne chez 36,7 % des patients.

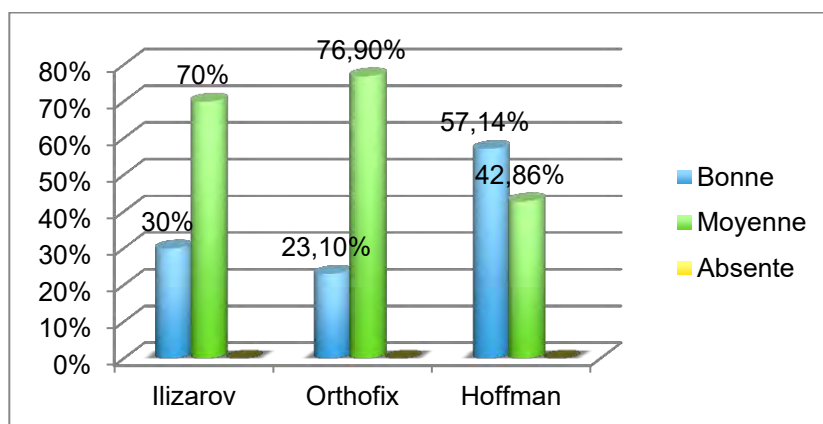


Figure 85: Mobilité post opératoire du genou en fonction du FE

Mobilité de la hanche :

La mobilité post-opératoire de la hanche était bonne chez 45,2 % des patients.

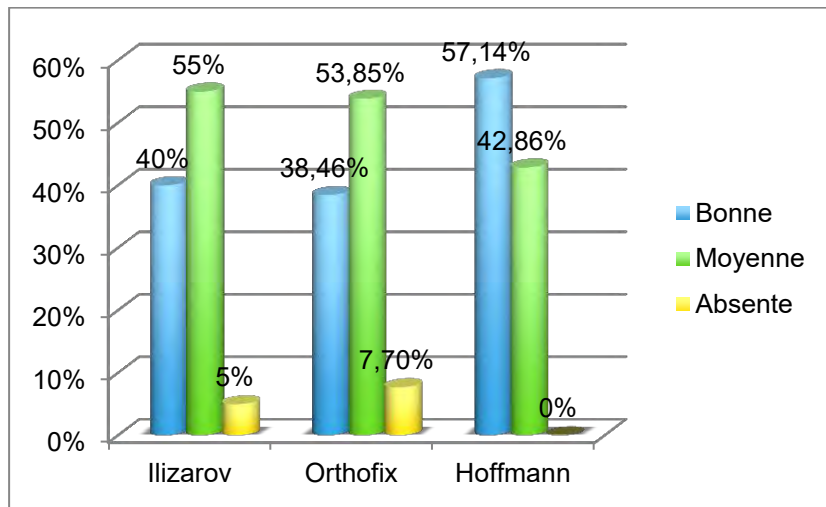


Figure 86: Mobilité post-

opératoire de la hanche en fonction du FE

DISCUSSION

4. Discussion

L'objectif de notre travail est d'analyser les résultats thérapeutiques des 52 patients opérés d'un allongement progressif des membres inférieurs par fixateur externe au CHOM et à HOGGY.

Notre travail est basé sur une étude rétrospective biocentrique. Il est difficile de faire une analyse comparative de nos résultats en fonction du type de fixateur externe utilisé.

En effet, notre série est inhomogène du fait d'une proportion beaucoup plus importante des fixateurs Ilizarov (61,53 %) et de l'absence de protocole standardisé pour les différents chirurgiens.

Mais cela ne nous empêche pas de faire les constations suivantes :

-Le taux de complications est naturellement élevé lorsqu'on rapporte celui-ci au nombre d'allongements.

-Le nombre de sujets ayant présenté une complication en cours d'allongement se situe aux alentours de 80,84 % superposable à la série de D.C Stephens [72].

4.1. Indications opératoires

4.1.1. Indications en fonction de l'importance de l'ILMI

Toute ILMI d'au moins 4 cm chez l'adulte ou l'adolescent en fin de croissance est l'indication d'un allongement de membre. Même entre 3 et 4 cm, un allongement peut être réalisé quelque soit la technique.

Les travaux antérieurs de Cole et al [81] montrent une ILMI moyenne de 49 mm avec des extrêmes de 29 et 110 mm comparable à notre série Orthofix où la moyenne d'allongement est de 43mm.

Mais globalement, la moyenne de notre série est supérieure aux autres séries avec une ILMI de 59,48 mm [1, 81,72]

Une ILMI majeure de 190 mm a motivé un allongement pluri-segmentaire (fémur + jambe). Mais dans la majorité des cas (98 %), les allongements réalisés sont monosegmentaires car la longueur de l'ILMI est inférieure à 120 mm et de plus ces allongements poly-segmentaires sont pourvoyeurs de nombreuses complications. [89]

Séries	F. Accadbled et al. [1]	Cole et al. [81]	Wangs et al. [130]	Notre série
ILMI (moyenne en mm)	45,3 (25-80)	49 (29-110)	35 (21-75)	59,48 (19-170)

Tableau VII : Comparaison des ILMI moyennes selon les auteurs

4.1.2. Indications en fonction du type d'ILMI

Il faut toujours prendre en compte la notion de risque en fonction de l'étiologie lors d'un allongement de membre. J.C. Pouliquen et M. Saleh [101] l'ont bien défini.

Trois grands groupes étiologiques sont rencontrés dans notre série. Il s'agit des séquelles d'ostéoarthrite de la hanche qui représentent 67 % de nos étiologies ; des séquelles post-traumatiques qui représentent 18 % et de l'OTNAF (7%).

Nos résultats sont superposables à ceux retrouvés dans la série de Ba et Sangare [9,108]. Par contre, dans la série de Schieldel [81], on note une inversion de la courbe des étiologies avec une prédominance des ILMI d'origine congénitale, ce que nous ne retrouvons pas dans les séries africaines. (Cf tableau VIII)

Séries	Ba (9)	Schiadel et al (81)	Sangare (108)	Notre série
Etiologies	Infections : 77,8%	Infections : 5,8 %	Infections : 16,13 %	Infections : 67 %
	Trauma : 16,70 %	Trauma : 24,64 %	Trauma : 32,26 %	Trauma : 18 %
	ONATF : 5,60 %	Congénital : 43,47 %	Congénital : 9,68 %	ONATF : 7 %
		Tumeurs : 10,1 %	Autres : 12,90 %	Epiphysiodèse : 8 %
		Autres : 15,9 %		

Tableau VIII : Comparaison des étiologies selon les auteurs

4.1.3. Indications en fonction du type de fixateur externe

Les allongements progressifs représentent une méthode thérapeutique devenue fiable et reproductible. Leur choix n'est pas seulement une affaire d'habitude car chaque technique peut trouver sa place dans une indication bien précise.

La technique d'Ilizarov est parfaitement adaptée aux grands allongements surtout s'il est nécessaire de pratiquer de façon contemporaine à une correction axiale. Cependant les fixateurs Ilizarov sont beaucoup plus encombrants.

La technique de la callotasi avec un fixateur monoplan permet un appui sur le membre opéré beaucoup plus aisé. Il expose néanmoins à des difficultés : instabilité du montage, infections sur fiches. Pallaro [96]

Dans notre série, nous avons retrouvé une proportion beaucoup plus importante de fixateurs Ilizarov par rapport aux fixateurs monolatéraux.

Chacune de ces techniques a ses propres avantages et inconvénients. [81]

Il est en tout cas difficile de montrer la supériorité du fixateur circulaire par rapport au fixateur monoplan et inversement.

La tendance actuelle veut qu'on associe exofixation et ostéosynthèse endo-médullaire afin de diminuer les complications nombreuses retrouvées avec le fixateur externe seul [112].



Figure 87: Allongement par la technique d'Ilizarov

4.2. Données anatomo-cliniques

4.2.1. Allongement effectué

L'allongement moyen effectué dans notre série est de 49,48 mm avec des extrêmes de 15 et 150 mm.

Accadbled et al. [1] a eu dans sa série de 23 patients un allongement moyen de 45,3 mm (20-80 mm) avec le clou centro-médullaire Fitbone.

Globalement, l'égalisation en termes de longueur des membres inférieurs a été obtenue dans 24 % des cas ; le raccourcissement des MI dans 70 % des cas et un hyper-allongement dans 6 % des cas.

Cette dominance du raccourcissement s'inscrit dans une stratégie thérapeutique quelque soit le fixateur externe utilisé. En effet 67 % des étiologies de nos ILMI relèvent de séquelles d'ostéoarthrite de la hanche avec ostéonécrose de la tête fémorale.

Une chirurgie secondaire (prothétique, ostéotomie) est envisagée après le processus d'allongement. Cependant la chirurgie prothétique ne corrige que 2 voir 3 cm d'ILMI.

De plus, chez les enfants, du fait d'une analyse prévisionnelle de la croissance délicate ; il est préférable de procéder à une stratégie thérapeutique en deux temps.

Un hyper-allongement est noté chez 2 patients adultes jeunes porteurs d'un fixateur Ilizarov. Une dynamisation est préconisée chez ces patients afin d'obtenir un tassement du cal [101].

Series	Diassana et al [50]	Blondel et al [16]	F.Accabled et al [1]	Paley [97]	Notre série
Nbr de patients	26	36	23	60	52
Allongement moyen (mm)	55,89	43	45,3	56	49,48

Tableau IX: Allongement moyen selon les séries



Figure 88: Egalisation après allongement fémoral par FE Ilizarov

4.2.2. Délai avant distraction

La période de latence entre corticotomie et le début de l'allongement est de 7 jours avec des extrêmes de 1 et 18 jours constatés surtout avec la série Ilizarov et Hoffman.

Il est quasiment constant avec la série Orthofix (10 jours). Le rythme de distraction est de 1mm réparti 2 ou 4 fois.

Ces résultats sont parallèles à la série F. Accabed et al. [1], où la distraction a commencé dès le 7ème jour en moyenne avec un rythme de distraction moyen de 0,78 mm /jour.

Par contre Blondel et al. [16], montre un délai légèrement inférieur (6 jours avec des extrêmes de 2 à 14 jours) dans sa série de 27 patients.

Globalement, nos résultats semblent similaires aux données de la littérature.

Series	F.Accabled et al.[1]	Blondel et al. [16]	Notre série
Délai avant distraction (jours)	7	6 (2-14)	7 (1-18)

Tableau X : Délai de distraction selon les auteurs

4.2.3.Index de consolidation

L'indice de consolidation moyen de notre série est de 60,23 jours / cm avec des extrêmes de 19 et 153 jours.

Ces résultats sont supérieurs à ceux d'autres séries, notamment celle de Merlioz [83].

F. Accadbled et al. [1] a eu un index sensiblement supérieur avec 77,3 jours (23,75-185,50).

Donnan et al. [44], rapportent un index de consolidation moyen de 43, jours cm chez des enfants traités par fixateurs externes.

Blondel et al. [16] rapportent quant à lui un index de consolidation de 38,2 jours/ cm avec les FE.

Paley [97] avec sa série Ilizarov a un index de consolidation presque identique à notre série Ilizarov (56,29 jours / cm)

Cette différence par rapport aux données de la littérature s'explique par le taux élevé de complications que nous avons eu aussi bien à la phase d'allongement que de consolidation.

La variabilité du site de corticotomie réalisée dans 71 % des cas en région métaphysaire a eu une incidence sur l'index de consolidation également.

En effet, l'os néoformé ainsi que sa minéralisation sont plus rapides et de meilleure qualité en

région métaphysaire qu'en région diaphysaire.

De plus, l'ablation du fixateur externe après consolidation est souvent différée du fait de retard constaté dans les visites pré-anesthésiques et les démarches administratives.

Tous ces paramètres ont joué facilement un rôle sur la durée moyenne du traitement qui est de 271 jours dans notre série et jugée excessive par rapport à d'autres séries (Tableau 11).

Series	Paley [97]	Donnan et al. [44]	Blondel et al. [16]	Diassana [50]	Notre série
Index de consolidation (jours / cm)	51	43,6	38,2	56,29	60,23 (19-153)

Tableau XI: Index de consolidation selon les auteurs

4.2.4.Site de corticotomie

Une corticotomie métaphysaire est réalisée dans 71 % des cas et 29 % des cas en région diaphysaire. La région métaphysaire est beaucoup plus utilisée avec le fixateur Ilizarov.

Le choix de la région diaphysaire nous permet de faciliter la technique opératoire avec l'utilisation d'une table ordinaire, sans amplificateur de brillance. Elle est beaucoup plus utilisée avec les fixateurs monolatéraux (Orthofix 100 %, Hoffman 85,71 %).

Popkov [100] et Buvka [23] dans leur série avec les fixateurs externes (monolatéraux et Taylor spatial fram) réalisent systématiquement leur ostéotomie en région diaphysaire.

4.2.5.Aspect du régénérat

L'étude du régénérat est entrepris à l'aide de radiographies réalisées à intervalle régulier. Les résultats des différents types de régénérat semblent liés à la géométrie du fixateur externe.

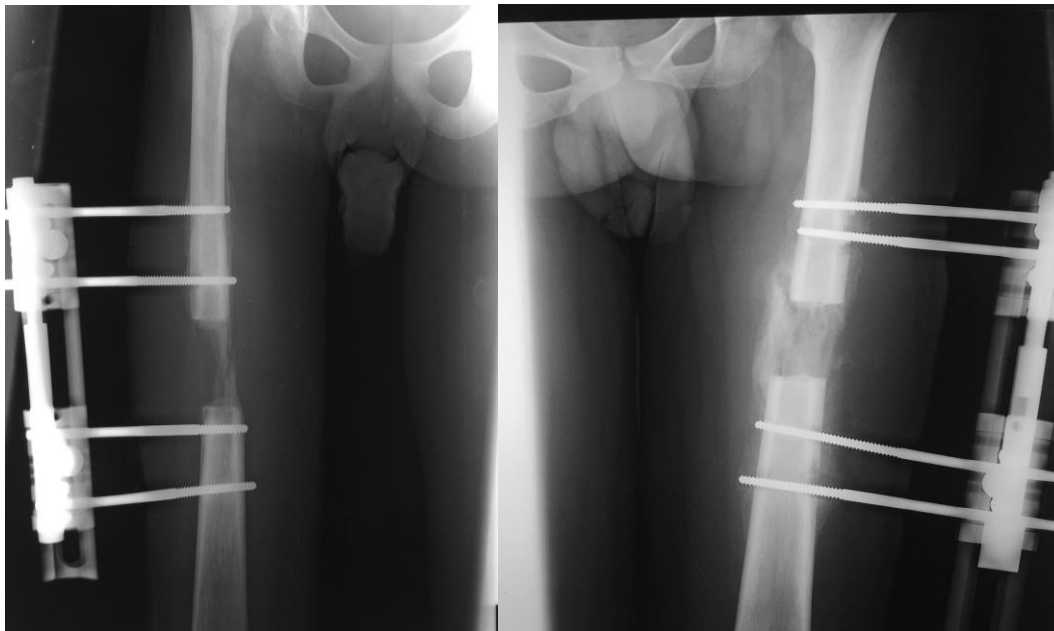
En effet, concernant le fixateur unilatéral (Orthofix), il est beaucoup plus utilisé dans sa configuration 2/2. La dominance du régénérat de type externe s'explique du fait de l'accroissement de la formation du cal périosté (ostéogenèse périostée plus importante). Toutefois au début de la période de distraction, le cal prédomine en interne du fait de l'absence de compression du coté du fixateur qui joue un rôle d'étau et empêche la formation

rapide du régénérat.

Concernant le fixateur Ilizarov, la qualité du régénérat nous semble acceptable. On note un taux important de régénérat rectiligne du fait de la géométrie de ce fixateur qui répartit mieux les pressions au sein du foyer d'allongement.

La rigidité moindre de ce fixateur induit également un phénomène d'ossification membranaire qui organise mieux le cal de façon uniforme.

Dans la série de Cole J.D et al [37] tous les régénérats formés sont rectilignes mais avec l'utilisation d'un clou fémoral.



A

B

Figure 89: A Aspect interne du régénérat au début de l'allongement sur FE Orthofix B: Aspect externe du regénèrat à la phase de consolidation

4.3. Complications

Le taux de complications des allongements suivant la longueur de l'allongement effectué et l'expérience des chirurgiens varie de 24 % à 117 % pour les fixateurs externes [84]

4.3.1. Per-opératoires

L'écèlement cortical est la seule complication per-opératoire notée. Il est retrouvé chez 7 patients dont les 6 étaient porteurs d'un fixateur externe Ilizarov et 1 cas porteur d'un fixateur externe Hoffman.

Cette complication survenue lors de l'ostéotomie est sans conséquence sur la stabilité du montage.

En effet le trait de fracture ne rejoint jamais le trajet d'une broche ou d'une fiche.

Nous n'avons pas noté de cas similaire dans la littérature. En effet, cette complication est le plus souvent bénigne et peu décrite.

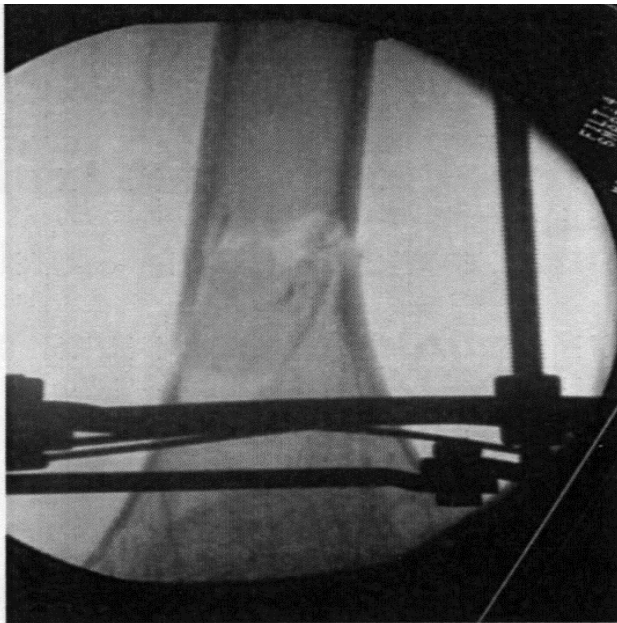


Figure 90: Refend cortical lors d'un allongement fémoral par FE Ilizarov [9]

Aucune complication vasculo-nerveuse n'a été notée. Cette dernière a été rarement décrite dans la littérature.

4.3.2. Post-opératoires immédiates

Aucune complication postopératoire immédiate, à savoir un syndrome des loges [78], une infection profonde au niveau du site de l'ostéotomie n'est survenue dans notre série.

4.3.3.A la phase d'allongement et de consolidation

4.3.3.1. Complications mécaniques

Parmi les complications mécaniques, on note :

➤ Enraidissement articulaire :

C'est la complication la plus constante quelque soit le type de fixateur externe utilisé. Elle siège le plus souvent au niveau du genou.

En effet les ostéotomies sont responsables :

D'une augmentation importante des forces au niveau des articulations (hanche et genou) [57]

-Affaiblissement temporaire de certains muscles sous l'effet de l'élongation

-Baisse de la course des muscles du fait de la transfixion (broches ou fiches)

Hezenberg [61] montre dans sa série une baisse de la mobilité du genou de l'ordre de 37 degrés.

Olney [94] a montré l'influence de l'ostéotomie sur la baisse de la mobilité du genou. Plus cette dernière est distale, plus cela multiplie par 2 les forces au niveau du genou. Cela se confirme avec notre série Ilizarov où la majeure partie des ostéotomies se réalisent au niveau du fémur distal et augmentent donc les pressions au niveau du genou.

Nous savons également que la pénétration des plans musculaires en flexion du genou nous permet d'avoir un certain gain de mobilité. Ceci n'était pas possible chez nos patients installés sur table orthopédique et chez tous les patients de la série Orthofix chez qui la mise en place du fixateur se faisait sur un membre en extension et compromettait donc la mobilité du genou.

Ceci explique le fort taux d'enraidissement articulaire que nous avons eu avec la série Orthofix (76,92 %).

Dasmin [41] propose un pontage articulaire, voir même une légère distraction au niveau

du genou pour soulager les surfaces articulaires et faciliter la reprise de la mobilisation.

A la phase de consolidation, lors de l'ablation du fixateur externe, une mobilisation sous AG est réalisée chez les patients qui présentent une limitation sévère de la fonction du genou. Elle est quasi systématique chez les patients Ilizarov.

Une intervention de judet a été réalisée après échec de la tentative de mobilisation du genou. Elle a permis un gain de mobilité de l'ordre de 20 ° en moyenne chez 4 patients porteurs d'un fixateur externe orthofix.

➤ Déviations axiales

Au cours de l'allongement, 45,86 % des patients de notre série ont présenté une déviation axiale avec une prédominance pour les fixateurs monoplans. (57,14 % Hoffman, 46,15 % Orthofix et 34,30 % Ilizarov)

Elle est la conséquence de multiples facteurs [20] :

- Déséquilibre musculaire
- Manque de rigidité de notre appareil d'allongement

Au niveau du fémur, la déviation se fait en varus et en flessus quand l'ostéotomie est proximale et distale ; et en valgus quand elle est basse.

Dans notre série, les déformations se font majoritairement en varus.

Concernant les fixateurs monoplans (Orthofix et Hoffman) :

L'inégale répartition des fiches est responsable d'une mobilité accrue au niveau du foyer d'allongement et peut expliquer les déviations axiales.

L'ostéolyse autour des fiches est responsable d'une baisse de la rigidité du fixateur, nuisible à l'uniformisation du cal. Ceci étant d'autant plus vrai que le fixateur externe unilatéral est utilisé en configuration 2/2.

Cette configuration est souvent utilisée dans notre série Orthofix et peut expliquer le taux important de déviations axiales. Seul un bon ancrage des fiches peut autoriser la mise en place de ce type de fixateur en configuration 2/2. Et sur le plan biomécanique,

nous savons que la stabilité au niveau d'un foyer d'allongement est proportionnelle au nombre et au diamètre des fiches.

Concernant le fixateur externe d'Ilizarov, nous savons que la taille des anneaux est inversement proportionnelle à la rigidité du fixateur et l'utilisation du tenseur dynamométrique joue un rôle crucial sur la stabilité du montage.

Dans notre série, la non utilisation du tenseur dynamométrique par tous les opérateurs ne nous permettait pas d'obtenir la tension optimale de 90 kg.

De plus, chez certains patients, il y'avait juste 1 ring qui était adapté de part et d'autre du foyer d'ostéotomie. Ceci entraîne logiquement un accroissement de la mobilité du foyer d'allongement, source de déviation.

Durant cette phase d'allongement ,3 patients Hoffman ont présenté une déviation axiale sévère nécessitant une correction sous anesthésie générale associée à un changement du type de fixateur.

A la phase de consolidation, 38,54 % des patients ont présenté un cal vicieux avec des proportions similaires en fonction du FE utilisé (42,86 % Hoffman, 38,46 % Orthofix et 34,30 % Ilizarov).

Ces déformations se font le plus souvent en varus (83,3 % Orthofix, 66,67 % Hoffman et 62,50 % Ilizarov) et nécessitent parfois une ostéotomie de correction.

Au terme de ces observations, il semble que le fixateur monoplan semble plus être exposé à des déformations surtout en varus nécessitant parfois un traitement complémentaire.

Glorion [57] dans sa série de 79 allongements réalisés sur le fémur avec le fixateur monoplan rapporte 5 cas (6,3 %) de déviation axiale dont 3 cas jugés sérieux (3,7 %), largement inférieure à notre série orthofix et Hoffman.

Merlitz [83] dans sa série de 58 allongements (tibia et fémur) avec l'Ilizarov a noté une déviation axiale dans 33 % des cas, comparables aux résultats de notre série Ilizarov (34,30 %)

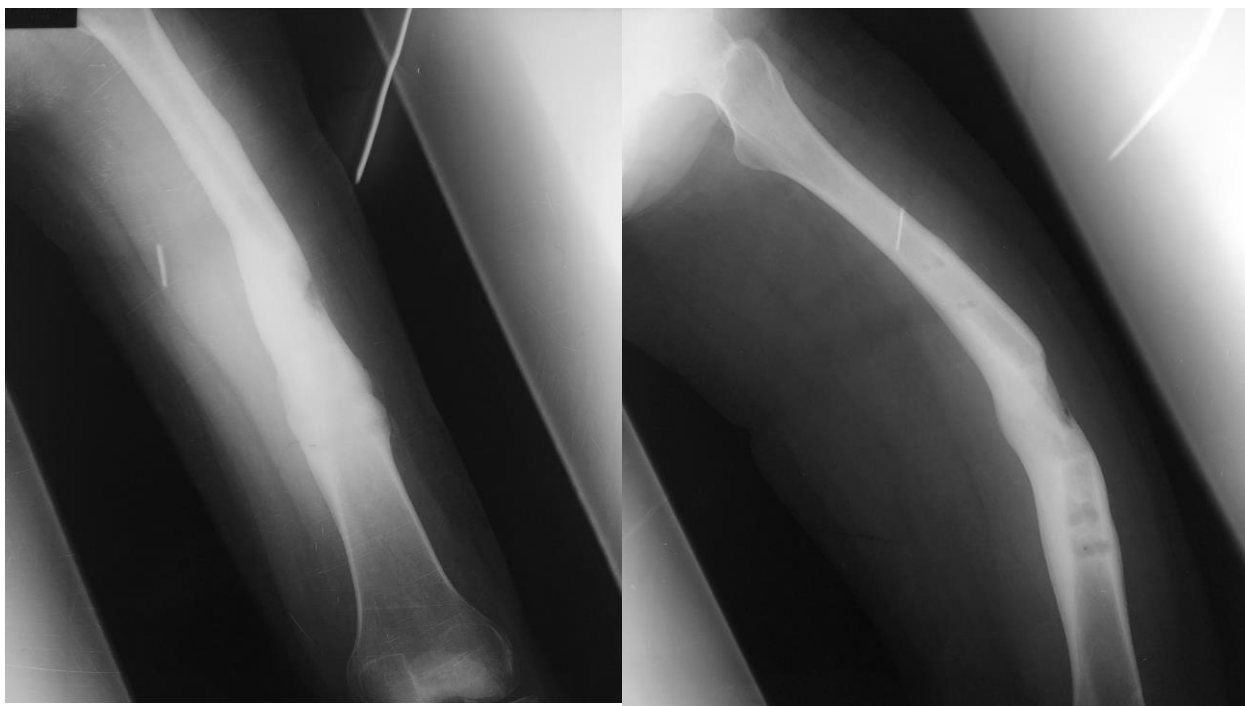


Figure 91: Cal vicieux en varus + flectum du fémur après allongement Orthofix.

➤ Subluxation et luxation [57, 129, 130,126]

Une articulation instable, une tension musculaire trop importante, un déséquilibre musculaire ou une attitude vicieuse exposent l'allongement progressif à la survenue d'une luxation.

Dans notre série, nous avons noté 5 hanches et 2 genoux sub-luxés chez 6 patients. Une luxation bipolaire est notée chez un patient

La subluxation de la hanche (5 cas) est survenue dans 3 cas durant la phase d'allongement et persiste chez 2 patients durant la phase de consolidation avec le fixateur Ilizarov. Il faut cependant noter que dans 3 cas, l'allongement s'est fait sur une hanche instable dès le départ.

Quatre d'entre elles constituent une complication dite sévère à l'origine de séquelles fonctionnelles au niveau de la hanche : raideur complète.

Toutefois toutes les hanches sub-luxées sont indolores en fin de traitement

La subluxation du genou avec le fixateur Ilizarov (2 cas) Avant l'intervention, les 2 genoux étaient jugés stables avec une mobilité réduite dans un cas.

Dans les 2 cas, il s'agit d'une subluxation postérieure du genou survenue durant la phase d'allongement. Aucun trouble vasculo-nerveux n'est noté chez ces patients. Une seule luxation s'est avérée être sévère et persistante après ablation du matériel.

En fin de traitement, les 2 genoux sont indolores et un seul d'entre eux a gardé une raideur complète.

La survenue de cette complication est corrélée dans notre étude à la perte de la tenue d'une broche de l'anneau distal à l'origine d'un déséquilibre des forces de distraction dans le plan sagittal.

Ce déséquilibre a créé un couple de force avec la tension des ischio-jambiers en arrière et la poussée du distracteur en avant.

Dans ces conditions, les éléments stabilisateurs passifs (coques condyliennes, LCP) et dans une moindre mesure la tension du quadriceps ne s'opposent pas longtemps au glissement vers l'avant des condyles fémoraux.

Jones a démontré cette luxation postérieure du genou dans une série de 21 allongements par la technique de Wagner [129]. Dans son étude, il n'a pas pu établir un lien avec l'âge, le pourcentage d'os allongé. Les auteurs s'accordent à faire un pontage artriculaire préventif en cas d'articulation instable [83, 97, 101,12]



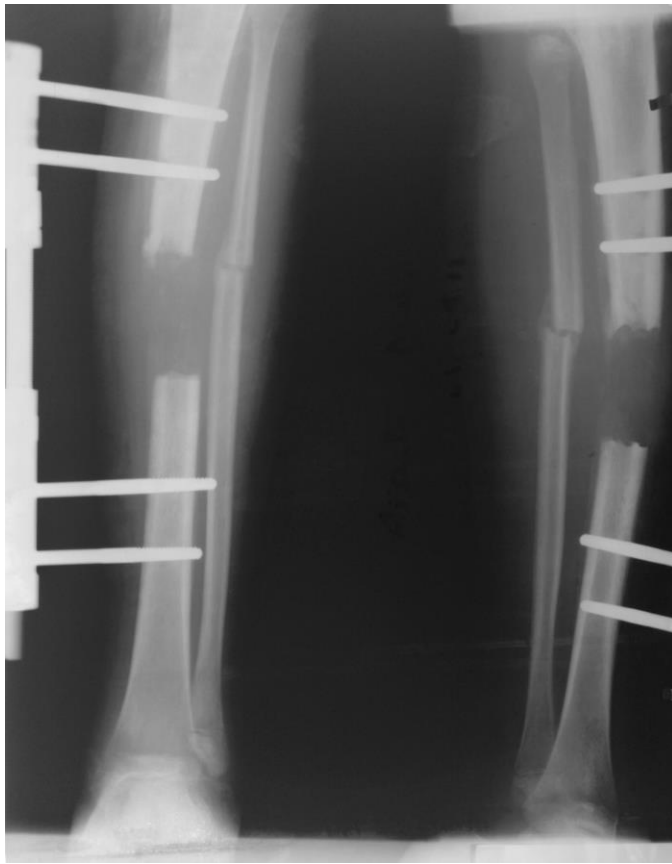
Figure 92: Subluxation postérieure du genou (Série Ilizarov) Luxation tibio-péronière distale sur FE orthofix

Il s'agit d'une patiente de 12 ans qui présente une ILMI séquellaire de 3,5 cm évoluant depuis 10 ans qui a bénéficié d'un allongement tibial monosegmentaire en région diaphysaire à gauche avec le FE Orthofix. Une ostéotomie première du péroné est réalisée avant la corticotomie tibiale. Les suites post-opératoires sont simples.

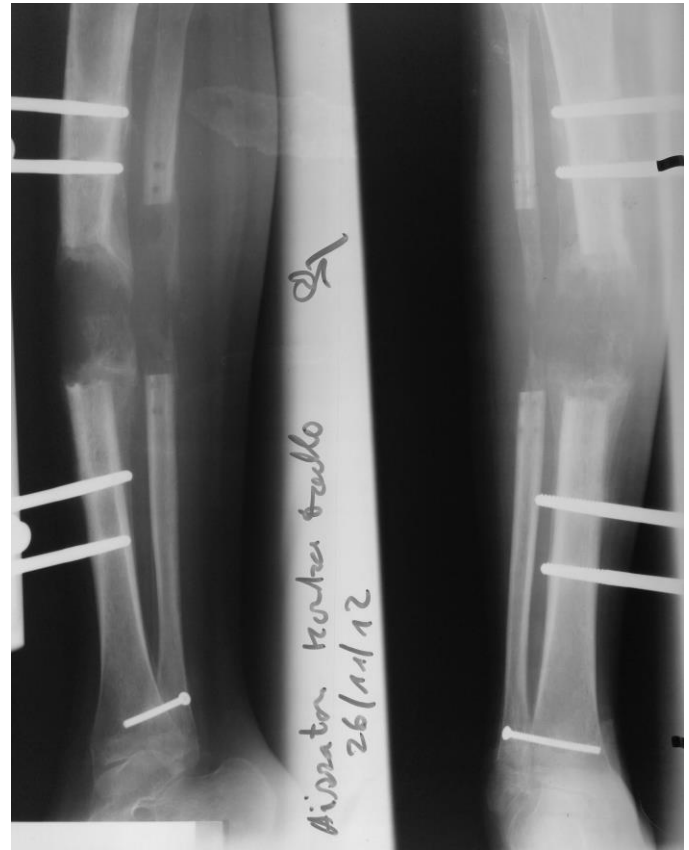
L'évolution est marquée par une consolidation précoce du péroné pendant la phase d'allongement entraînant par la suite une ascension de la malléole externe déshabitant la joue externe du talus.

Une reprise précoce est effectuée avec compression du foyer d'ostéotomie tibiale permettant de réduire la malléole externe avec une vis de syndesmose préventive associée à une ostéoclasie du péroné.

Peu de cas similaire sont retrouvés dans la littérature. Cet incident est dû à un retard de distraction chez cette patiente qui a démarré à J20. Les suites opératoires étaient simples après la reprise.



A



B

Figure 93 : A : consolidation précoce du préroné sur allongement jambe (FE orthofix)

B : corticotomie itérative tibia + réduction et vissage syndesmose

➤ Fracture du régénérat

Elle survient le plus souvent après ablation du matériel de distraction ou après un temps variable.

Nous avons noté 3 cas de fracture du régénérat. L'une est survenue au cours des manoeuvres de mobilisation du genou sous anesthésie générale lors de l'ablation du fixateur externe Ilizarov. Une contention plâtrée durant un mois était nécessaire pour obtenir la consolidation.

Nous avons noté 2 cas de fracture du régénérat chez des patients porteurs d'un fixateur externe orthofix. Ces fractures traduisent le manque de solidité de l'os néoformé.

En effet, aucun moyen diagnostique à part la radiographie standard ne nous permet d'avoir une idée sur la qualité du cal néoformé.

Cependant plusieurs autres facteurs sont retrouvés dont le plus important était la déformation plastique pré-existante et progressive. Celle ci aboutissant progressivement à la fracture de fatigue, d'autant plus que chez 2 patients, aucune notion de traumatisme n'est retrouvée.

Le régénérat formé chez ces patients est également de type hypotrophique, interne.

Tous ces patients ont bénéficié d'une ostéotomie correctrice + plaques vissées et l'évolution s'est faite vers une consolidation pour un cas et une pseudarthrose pour l'autre. Ces fractures ont entraîné un allongement de l'indice de guérison.

Elles sont cependant rares. Elles représentent 5,7 % des patients de notre série. Glorion [57] rapporte 5 cas de fractures soit 6,3 % des cas dans sa série.

Blondel et al. [16] rapportent 3 cas de fractures dans sa série soit un taux de 8,3 %. Les deux auteurs ont traité orthopédiquement leurs patients.

J.D.Cole et al [37] ont relaté 2 cas dans leur série de 20 patients tous traités chirurgicalement

Series	Blondel et al. [16]	Glorion et al .[57]	J.Cole et al. [37]	Diassana [50]	Notre série
Nombre de patients	36	79	20	26	52
Nombre de fractures regenerat et pourcentage	3 soit 8,3 %	5 soit 6,3 %	2 soit 10 %	1 soit 3,84 %	3 soit 5,76 %

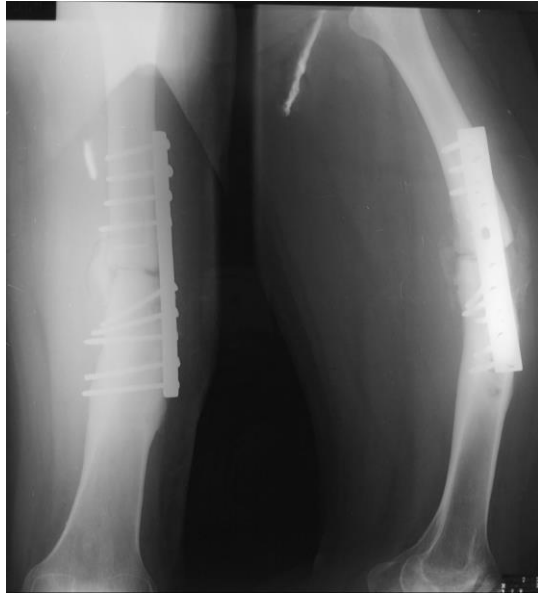
Tableau XII: Fracture du régénérat selon les séries



Figure



94 : fracture clinique du régénérat



A **Figure 95: A: Fracture du régénérat B: Ostéosynthèse par plaques vissées d'une fracture régénérat**

➤ Arrachement des broches [9]

Patient de 19 ans ayant présenté une séquelle d'ostéoarthrite de la hanche droite évoluant depuis 144 mois avec ILMI de 55 mm.

Il a bénéficié d'une ostéotomie sous trochantérienne de valgisation associée à un allongement fémoral par fixateur ilizarov (ostéotomie basse).

Le montage en amont du site d'allongement comporte un anneau en zone diaphysaire relié à deux fiches de schanz dans l'axe du col et deux autres fiches au niveau de la crête iliaque participant au pontage de l'articulation de la hanche estimée instable.

Le montage en aval se compose d'un seul anneau en zone métaphysaire.

Après 2 mois de traitement et 1 cm allongé, on constate une consolidation prématurée du foyer d'allongement nécessitant une corticotomie itérative avant la poursuite de la distraction.

L'évolution après deux mois de distraction et 4 cm d'os allongé s'est faite vers un arrachement progressif des broches de l'anneau distal vers l'avant. L'une des broches se posera au niveau de la base de la rotule.

L'allongement a été arrêté et l'ablation du fixateur externe réalisée au profit d'une contention plâtrée jusqu'à obtention de la consolidation.

Nous avons noté 2 arrachements de broches responsables de complications sévères avec subluxation du genou et de la hanche nécessitant l'arrêt de la distraction et 2 arrachements des fiches orthofix (complications bénignes).

Selon notre analyse, l'arrachement des broches (perte tenue) est dû à une forte déminéralisation de l'extrémité distale du fémur. Cette perte de la tenue des broches est imputable également au type de montage. En effet un montage avec un niveau supplémentaire assure une meilleure répartition des contraintes par unité de surface de contact entre les broches et l'os.

Ceci est applicable également avec le fixateur externe Orthofix. La configuration 3/3 semble meilleure et permet d'éviter le phénomène d'ostéolyse qui engendre beaucoup de complications mécaniques.

➤ Tassement du cal Nous l'avons retrouvé chez un patient

Il s'agit d'un patient de 36 ans aux antécédents d'ostéoarthrite de la hanche droite remontant à l'enfance dont les séquelles sont à l'origine d'une destruction de l'articulation de la hanche avec ILMI de 80 mm.

Un allongement progressif à l'aide du fixateur ilizarov était réalisé.

Une dynamisation sera préconisée chez ce patient.

Au bout d'un mois, l'évolution s'est faite vers un tassement complet du régénérat.

Ce cas peu commun considéré comme un échec n'est décrit que sous sa forme bénigne dans la littérature. Glorion [57] en effet rapporte qu'un seul cas jugé bénin dans sa série de 79 allongements.



Figure 96: Tassement complet du cal lors de la dynamisation [9]

4.3.3.2. Complications biologiques

38,46 % des patients présentent des complications d'ordre biologique.

➤ Infection des orifices

Ces infections sont un phénomène très courant et sont la conséquence d'une nécrose des parties molles autour du trajet des broches ou des fiches.

• Durant la phase d'allongement

Les infections prédominent avec les fixateurs Orthofix et Hoffman (30,77 % et 28,57 %) contre 15,6 % avec Ilizarov. La majorité des patients a présenté une douleur avec érythème sur le trajet des fiches ou broches.

Nous avons noté 2 cas d'écoulement purulent. En effet il s'agit d'une surinfection des broches de kirschner (Ilizarov) dont l'évolution est favorable avec des soins locaux et une antibiothérapie par voie générale.



Figure 97: Infections orifices de broches sur FE Ilizarov • Durant la phase de consolidation

Le taux d'infections des orifices des broches a nettement diminué pour les fixateurs monoplans (14,28 % Hoffman et 7 % Orthofix). Par contre nous avons noté une légère hausse avec le fixateur Ilizarov (18,57 %) en rapport avec la survenue d'infections profondes (ostéite). Cependant, l'ablation des broches associée à un traitement antibiotique par voie générale sont venus à bout de l'ensemble des cas.

Leur survenue étant liée à la technique de pose des broches ou fiches et du fait de l'elongation, les parties molles sont soumises à une forte pression à chaque manoeuvre.

Blondel et Al. [16] ont eu un taux nettement supérieur dans sa série avec 9 patients sur 27 soit 33,3 %. 22,2 % des patients présentent des infections superficielles accessibles au traitement local et 1 patient présente une infection profonde prolongeant même la durée d'hospitalisation.

Eidelman et al [52] ont eu un taux nettement supérieur aux 2 séries (45 % des cas).

Series	Blondel et al.[16]	Eidelman et al. [52]	Notre série
Nbre de patients	27		52
Pourcentage infections orifices	33,3 %	45 %	13,2 %

Tableau XIII: Pourcentage infections selon les séries

➤ Osteite et ostéomyélite

Elles sont la conséquence d'une surinfection des orifices des broches ou fiches. Ce phénomène infectieux entrainera une ostéolyse sur le site d'ancrage, occasionnant une perte de la tenue des fiches [102]

Dans notre série, on note 2 cas d'infection osseuse.

Le premier patient est porteur d'un fixateur externe type Ilizarov. Cette complication est jugée bénigne car l'évolution s'est faite vers la guérison après ablation de la broche concernée et antibiothérapie par voie générale.

Le deuxième cas concerne un patient porteur d'un fixateur externe Orthofix qui a présenté une OMC non séquestrante du fémur chez qui l'évolution était favorable sous traitement médical.



Figure 98:

Infections orifices des broches stade 5 avec mise en évidence de séquestres [9]

➤ Escarres

02 types d'escarres sont notés dans notre série :

- Escarre de contact avec le matériel [78]

Nous l'avons noté avec le fixateur externe d'Illizarov essentiellement.

5,76 % des patients de notre série l'ont présenté à la phase d'allongement contre 7,7 % à la phase de consolidation.

Dans l'ensemble des cas, les complications sont réputées bénignes car évoluant bien sous traitement local et après ablation du fixateur externe.



Figure 99: Escarres de contact (Face

postérieure de la cuisse) [9]• Escarres de décubitus

Nous avons noté 2 cas au cours du traitement avec l'appareil d'Ilizarov.

➤ Consolidation prématurée

Nous l'avons noté chez 4 patients dont 2 étaient porteur d'un fixateur externe type Ilizarov les 2 autres ont un appareil Orthofix. Il s'agit dans la plupart du temps d'une distraction inefficace ou retardée laissant au régénérat le temps de former un pont osseux inextensible.

• 1er cas : Patient Orthofix

Patient de 36 ans, aux antécédents de chirurgie du genou gauche durant l'enfance, qui présente une ILMI de 50 mm au dépens de la cuisse gauche. Il a bénéficié d'un allongement par FE Orthofix en configuration 2/2.

A M2 post-opératoire, l'apparition croissante d'une douleur au niveau du foyer d'allongement a permis de mettre en évidence une consolidation précoce du régénérat avec inflexion des fiches proximales sur les radiographies de contrôle. Ceci ayant motivé un arrêt provisoire de la distraction, occasionnant une ILMI résiduelle de 15 mm compensée par une talonnette de marche.

• 2ème cas (Patient Ilizarov)

Patient de 19 ans de sexe masculin traité pour ILMI de 55 mm au dépend du membre inférieur gauche sur séquelle d'ostéoarthrite de la hanche.

La distraction est entamée 10 jours après l'ostéotomie, celle-ci étant faite au 1/3 distal de la diaphyse fémorale. La distraction est réalisée par le patient au rythme de 1mm par jour.

A j37 post-opératoire, soit 27 jours après le début de l'allongement, la distraction est devenue progressivement douloureuse.

Les contrôles radiologiques successifs confirment l'absence d'elongation au delà de 1cm. Une ostéotomie itérative a été réalisée au bloc avant la poursuite avec succès de la distraction.

En cas de consolidation prématurée, Paley [97] et Pouliquen [102] suggèrent de procéder par étapes.

En premier lieu, ils proposent de continuer la distraction, forçant la cassure du pont osseux au sein du régénérat. Cela n'a pu être réalisée chez nos patients du fait de la gestion difficile de la douleur.

Au cas où cette cassure ne surviendrait pas, ces auteurs proposent une rupture du pont osseux est tentée sous anesthésie générale en effectuant des manoeuvres de torsion.

Enfin l'ostéotomie itérative est proposée en dernier lieu lorsque tous les artifices visant à rompre le pont osseux se sont soldés par un échec.

Glorion [57] dans sa série de 79 cas d'allongements rapporte une seule consolidation prématurée, celle ci ayant été classé bénigne.

Ba [9] avec le fixateur externe d'Iizarov essentiellement avait relaté 1 cas dans sa série.

Cette complication est relativement rare.

➤ Retard de consolidation

La notion de guérison selon de De Bastiani et Aldegheri [46] est très importante à prendre en compte dès lors que l'on veut parler de retard de consolidation. Cet index doit être interprété en fonction d'un certain nombre de paramètres : âge, étiologie, os allongé, niveau ostéotomie, technique utilisée.

Nous avons noté 2 cas de retard de consolidation dans notre série dont l'un a évolué vers une pseudarthrose.

La notion de dynamisation à la fin de l'allongement a permis de réduire ces complications.

Glorion [57] a noté 8 cas de consolidations retardées bénignes nettement supérieures à notre série.

➤ Pseudarthrose

Glorion [57] et Pouliquen [102] parlent de pseudarthrose lorsqu'il n'est plus possible d'envisager la consolidation spontanée à la fin de l'allongement. Il s'agit d'une complication sévère mais rare.

Glorion [21] a déploré 2 cas dans sa série de 20 allongements. Aucun cas de pseudarthrose n'a

été déploré dans la série de Ba [9]

Nous avons relaté 2 cas dans notre série :

- Cas 1:

Patient de 52 ans, aux antécédents de genou flottant droit négligé avec cal vicieux séquellaire au dépens du 1/3 distal du fémur évoluant depuis 4 mois qui présente une ILMI de 60 mm au dépens de la cuisse droite.

Un allongement fémoral progressif par FE « Orthofix » a été réalisé sur table ordinaire avec amplificateur de brillance pour permettre un bon positionnement des fiches (configuration 2/2)

L'ostéotomie n'a pu être réalisée qu'au niveau diaphysaire proximal.

Après 1 mois de distraction, nous avons constaté un regénérat hypertrophique avec un fragment proximal basculé en abduction sur les radiographies de contrôle postopératoire. Ceci nécessitant un arrêt provisoire de la distraction.

A 4 mois d'évolution avec reprise de la distraction, les images radiologiques semblent constantes avec une déformation plastique majorée.

L'évolution s'est faite vers une pseudarthrose du régénérat avec une ILMI résiduelle de 15 mm.

Une cure de pseudarthrose par plaques DHS avec apport de greffons a été réalisée. L'évolution est favorable avec une consolidation obtenue sur ILMI résiduelle.

Selon notre analyse, plusieurs facteurs ont expliqué cette complication :

- L'âge du patient

- Le traumatisme complexe

- Le niveau de l'ostéotomie qui entraîne quelque soit le type d'exofixation utilisé une abduction du fragment proximal par l'effet du psoas iliaque et du moyen fessier, nuisible à la formation du cal.

- La rigidité du fixateur externe parfois perfectible dans sa configuration 2/2 avec le

phénomène d'ostéolyse. Ceci étant source d'instabilité focale.

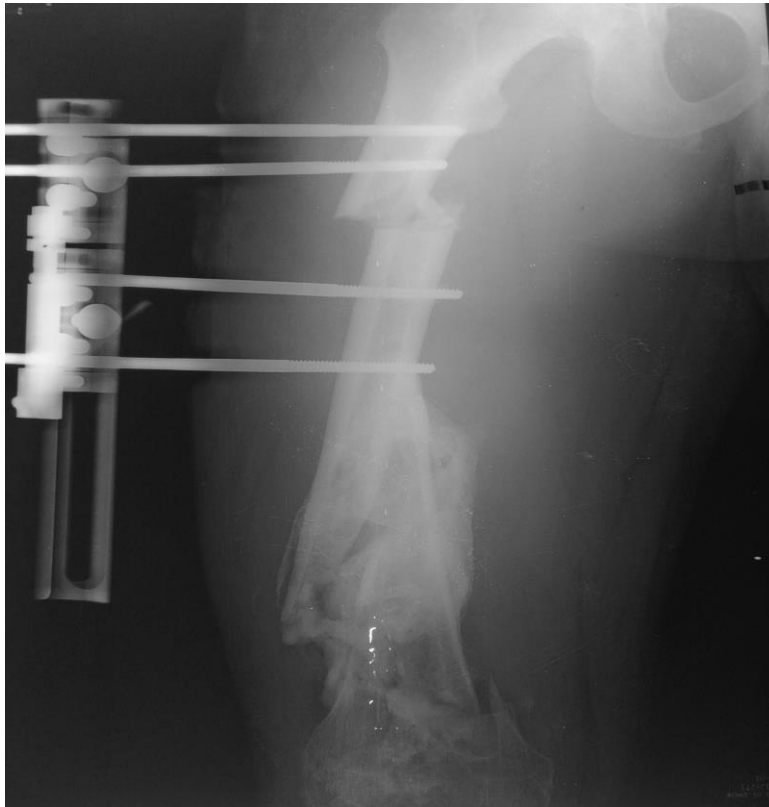


Figure 100:

Abduction fragment proximal sur FE Orthofix



Figure 101: Cure pseudarthrose du regenerat par plaque DHS

- Cas 2 :

Patiente de 33 ans qui présente une ILMI de 45 mm séquellaire d'infection ostéo-articulaire. Un allongement fémoral par fixateur externe Orthofix° a été réalisé.

L'évolution se fera vers une raideur sévère du genou associée à un cal vicieux du régénérat. L'inégalité résiduelle est de 10mm. Le régénérat est de type hypotrophique interne.

Une libération de Judet associée à une ostéotomie correctrice par plaques vissées a été réalisée à la fin de l'allongement. L'évolution s'est faite vers une pseudarthrose du régénérat avec bris du matériel d'ostéosynthèse.

Cette complication a été attribuée à l'abord extensif du fémur responsable d'une dévascularisation importante.

- Complications vasculaires

Un cas de saignement itératif au niveau des orifices de broches est noté chez un patient sous anti-vitamine K. Cette complication pose le problème de diagnostic différentiel avec une blessure vasculo-nerveuse. Il s'agit d'une complication sérieuse amenant à l'ablation prématurée du fixateur et une exploration vasculaire au bloc opératoire qui a mis en évidence une lésion d'une artère perforante de la cuisse.

- Autres complications non déplorées dans notre série

- Arthrite septique

Complication sévère possible à tous les stades. Au niveau du fémur les fiches posées au voisinage du col ou du genou représentent une menace septique.

Le seul traitement envisageable est le remplacement des fiches ou broches associée à une antibiothérapie voir même une arthrotomie.

- Fusion du cartilage de croissance

Le cartilage de croissance est soumis à une forte pression représentée par la tension des muscles durant la phase d'allongement.

Des avis divergent quant au potentiel de croissance restant après allongement.

Lee [78] et Pouliquen [102] suggèrent respectivement 30 % et 20 % comme limite raisonnable à ne pas dépasser lorsqu'on réalise un allongement en un temps. Hope quant à lui propose une limite inférieure de 9 ans pour faire des allongements afin d'éviter les problèmes de reprise de croissance.

- Lésions nerveuses [57,97]

Outre les agressions directes au cours de l'intervention, elles peuvent être dues soit à un étirement du tronc nerveux par une vitesse d'allongement trop rapide, soit à un chevalet créé par une broche, une fiche ou une arcade aponévrotique exerçant alors une compression directe sur un nerf soit enfin à un syndrome des loges (rare au niveau de la cuisse, plus fréquent au niveau de la jambe).

La douleur et l'hyperesthésie sont les premiers signes.

Merlitz [83] dans sa série portant sur 58 allongements a rapporté 5 cas de paresthésie dont 4 ont été transitoire.

4.4. Séquelles

4.4.1. Douleur

6 % de nos patients rapportent une douleur au niveau de la cuisse en fin de traitement en rapport avec le fixateur Ilizarov. Nous n'avons pas noté de douleur résiduelle avec les fixateurs monoplans. Cela conforte notre idée selon laquelle les fixateurs monoplans ont une meilleure tolérance à la fin du processus d'allongement.

Cependant durant la phase de distraction, les douleurs restent présentes quelque soit le type de fixateur externe utilisé comme l'avait rapporté Buvka dans sa série [23]

4.4.2. Mobilité du genou

A la fin du processus d'allongement, 36,7 % des patients présentent une bonne mobilité du genou avec un gain considérable par rapport à la phase de distraction où la raideur du genou est présente chez tous nos patients.

Nous avons pu préserver une bonne fonction du genou avec l'aide de la kinésithérapie,

de la mobilisation sous AG à la fin de l'intervention chirurgicale et parfois de l'intervention de judet.

Ceci conforte notre idée selon laquelle le genou doit être fléchi lors de la mise en place des fiches distales avec le FE Orthofix, ce qui permet en post opératoire immédiat d'avoir une bonne mobilité du genou.



Figure 102: Mobilité post opératoire du genou après mise en place des fiches distales, genou en flexion.

4.5.3. Mobilité de la hanche.

45,2 % de nos patients présentent une bonne mobilité de la hanche. Ce phénomène n'est pas forcément en rapport avec le processus d'allongement. En effet, la majeure partie de nos étiologies relèvent de séquelles d'infections au niveau de la hanche avec un retentissement au niveau du secteur de mobilité de cette articulation.

CONCLUSION

Les techniques d'allongement sont appliquées très largement au traitement des ILMI et ILMS et même utilisées chez les sujets de petite taille pour leur donner une stature acceptable.

Le choix d'une technique d'allongement n'est pas seulement une affaire d'habitude car chaque technique, peut trouver sa place dans une indication bien précise.

Cette étude a permis de mettre la lumière sur la complexité d'un programme d'allongement.

La lire c'est parcourir le long chemin du traitement des inégalités de longueur des membres.

L'allongement par FE a ses complications propres (comme les infections sur le trajet des broches ou fiches, les fractures du régénérat après ablation du matériel).

Les résultats dépendent d'une part d'une bonne planification préopératoire, d'un geste technique irréprochable et d'autre part d'une rééducation post opératoire et surtout d'un suivi rigoureux.

Nous avons évalué les résultats cliniques et radiologiques des patients ayant bénéficié d'un allongement progressif des membres inférieurs par FE.

Il s'agissait d'une étude rétrospective biocentrique sur 11 ans allant du 1er Janvier 2005 au 1er janvier 201 . L'âge moyen de nos patients était de 20,18 ans avec des extrêmes de 10 et 52 ans et une prédominance masculine (60 % des patients). Les pathologies orthopédiques représentaient la principale cause d'ILMI avec les séquelles d'ostéarthrite de la hanche qui prédominaient (67 % des patients).

Sur le plan anatomique, le raccourcissement moyen était de 59,48 mm avec des extrêmes de 17 et 190 mm. 28, 57 % et 22,2 % des hanches étaient jugées instables avant l'allongement avec respectivement les FE Hoffman et Ilizarov. Tous les genoux étaient stables avant l'allongement.

Globalement, l'allongement moyen dans notre série était de 49,48 mm avec des extrêmes de 15 et 150 mm.

L'égénération, en termes de longueur des membres était obtenue chez 25,76 % des patients. Une inégalité résiduelle était observée chez 70 ,53 % des patients.

Différents types de FE étaient utilisés : L'Ilizarov (62 %), l'Orthofix (25 % des cas) et Hoffman (13 % des cas). Un allongement mono segmentaire était réalisé dans la majorité des cas (98 %) dont 94,71% sur le fémur et 5,89 % au niveau de la jambe.

Une corticotomie en région diaphysaire était beaucoup plus retrouvée avec les fixateurs monolatéraux (Orthofix et Hoffman). Concernant le fixateur Ilizarov, c'est la corticotomie en région métaphysaire qui prédominait (72,2 % des patients Ilizarov).

Le délai avant distraction dans notre série était de 7 jours avec des extrêmes de 1 et 18 jours. La distraction était réalisée par le patient ou un de ses proches.

L'index de consolidation moyen était de 60,23 jours/cm, beaucoup plus élevé avec le fixateur Hoffman (67,43 jours/cm contre 56,97 et 56,29 j/cm pour les FE Orthofix et Ilizarov).

L'éclatement corticale était la seule complication per-opératoire notée, relevée dans 11,01 % des cas et retrouvée surtout avec le fixateur externe Ilizarov.

Durant la phase d'allongement, 86,47 % des patients de notre série présentaient une limitation sévère de la fonction du genou avec une mobilité en flexion de l'ordre de 18,75 °. Cette raideur était constante quelque soit le type de fixateur externe utilisé. 17,15 % des patients présentaient une contracture musculaire. 19,48 % des patients présentaient une subluxation au niveau de la hanche et du genou. Nous avons noté également un cas de subluxation tibio-péronière distale chez un patient Orthofix. 45,86 % des patients de notre série présentaient une déformation plastique soit en varus ou en flectum. Les déformations en varus étaient plus fréquentes avec les fixateurs monolatéraux.

38,46 % des patients présentaient des complications d'ordre biologique.

Les infections (escarres, orifices broches et fiches) étaient beaucoup plus retrouvés (25 % des patients) quelque soit le type de FE. La majeure partie de ces infections était superficielle.

Un retard de consolidation était retrouvé avec le FE Orthofix. Une consolidation précoce était également retrouvée avec les fixateurs Orthofix et Ilizarov.

Durant la phase de consolidation, 86,53 % des patients de notre série (45) ont présenté une limitation de la fonction du genou.

Cette raideur du genou était beaucoup plus retrouvée avec les fixateurs Ilizarov et Hoffman (96,80 % et 85,71 %) mais elle était également présente avec le FE Orthofix (61,53 %).

Elles nécessitaient un renforcement de la kinésithérapie, une mobilisation sous anesthésie générale du genou qui a été réalisée chez 4 patients (4 Orthofix). Cette mobilisation sous AG était quasi-systématique chez les patients Ilizarov lors de l'ablation du MOS.

Une intervention de judet était réalisée chez 6 patients avec un gain de mobilité en flexion de l'ordre de 20 ° en moyenne.

7,7 % des patients de notre série ont présenté une pseudarthrose du régénérat et une fracture du régénérat avec le FE Orthofix.

9,61 % des patients ont présenté avec le FE Ilizarov une subluxation avec une proportion de 60 % pour la hanche et 40 % pour le genou.

38,54 % des patients de notre série ont présenté un cal vicieux avec des proportions sensiblement similaires en fonction du FE utilisé. Les déformations en varus étaient plus fréquemment retrouvées.

Les complications biologiques étaient essentiellement représentées par les infections. En moyenne, 18,75 % des patients Ilizarov, 14,28 % des patients Hoffman et 7 % des patients Orthofix.

Sur le plan fonctionnel, 6 % des patients présentaient une douleur résiduelle de la cuisse en fin de traitement. La mobilité post opératoire du genou était bonne chez 36,7 % des patients.

La mobilité post-opératoire de la hanche était bonne chez 45,2 % des patients.

Malgré ce fort taux de complications et des objectifs parfois non atteints, les résultats de notre série sont encourageants, ne serait-ce que par le nombre de complications évitées.

Après avoir tiré leçon de cette expérience, notre ambition vise à étendre cette technique afin de redonner espoir à tous les malades handicapés par des ILMI ou les sujets de petite taille.

En perspective, les recommandations suivantes devront permettre d'étendre la technique et améliorer la qualité de la prise en charge des pathologies de l'appareil locomoteur :

- Respect des conditions anatomiques et biomécaniques lors de la pose du fixateur externe (broches ou fiches, corticotomie)
- Respect des étapes : rythme de distraction, dynamisation.
- Surveillance clinique et paraclinique du patient durant la phase de distraction
- Renforcement de la kinésithérapie avec une maîtrise parfaite de l'analgésie.
- Formation des aides soignants dans la prise en charge des patients porteurs de fixateurs externes.

REFERENCES

1. Accabled F.

Allongement des membres inférieurs par clou centro-médullaire Fitbone: première expérience française.

Rev Chir Orthop, 2016; 102: 165-170

2. Aldegheri R, Volins C, Zambito G, Tessari G, Trivelle G.

Use of ultrasound to monitor limb lengthening by callotasis.

J Pediatr Orthop, 1993; 2: 7-22.

3. Allieux J, Rigault P, Padovani JP, Finidori G, Touzet P, Mallet JF.

Allongement extemporané du fémur chez l'enfant et l'adolescent. Étude de 25 cas.

Rev Chir Orthop, 1988; 74: 6-252

4. Anderson M, Green WT.

Lengths of the femur and the tibia. Norms derived from orthoentgenograms of children from five years of age until epiphyseal closure.

Am J Dis Child, 1948; 75: 90-279

5. Anderson M, Messner MB, Green WT.

Distribution of lengths of the normal femur and tibia from one to eighteen years of age.

J Bone Joint Surg Am, 1964; 46: 202-1197.

6. Aronson J.

The biology of distraction osteogenesis.

Milan Medical Surgical Video Edit, 1991; 42-52

7. Aronson J, Harp JH.

Mechanical considerations in using tensioned wires in a transosseous external fixation system.

Clin Orthop, 1994; 301: 25-30

8. Aronson J, Shin HD.

Imaging techniques for bone regenerate analysis during distraction osteogenesis.

J Pediatr Orthop, 2003; 23: 60-550

9. Ba A.

La méthode Ilizarov: Indications et résultats thérapeutiques à propos de 215 cas.

These Med Dakar, 2016, n°296

10. Baciu C, Denischi A.

The course of fracture in patients in the Addison's disease.

Acta Orthop Belg, 1958; 24: 400-406.

11. Baumgart R, Betz A, Scheiberer L.

A fully implantable motorized intramedullary nail for limb lengthening and bone transport.

Clin Orthop, 1997; 343: 43-135.

12. Bierdermann R.

High recurrence after call lengthening with the Ilizarov apparatus for treatment of spastic equinus foot deformity.

J Pediatr Orthop B, 2007; 16(2): 125-128

13. Bonnel F, Perruchon E, Baldet P, Rabishong P.

Comportement mécanique du cartilage de conjugaison.

Rev Chir Orthop, 1980; 66: 21- 417

14. Bouchet A, Cuilleret J.

Anatomie topographique, descriptive et fonctionnelle du membre supérieur et inférieur (Volume 3)

SIMEP SA (Lyon-Villeurbanne), 1983; 1449-1712

15. Blair VP, Schoenecker PL, Sheridan JJ, Capelli AM.

Closed shortening of the femur.

J Bone Joint Surg Am, 1989; 71: 7-1440

16. Blondel B, Launay F, Glard Y, Jaccopin S, Jouve JL, Bollini G.

Limb lengthening and deformity correction in children using hexapodal external fixation: preliminary results for 36 cases.

Orthop Trauma Surg Res, 2009; 95: 425-30

17. Blount WP.

A mature look at epiphyseal stapling

Clin Orthop, 1972; 77: 63-158

18. Blount WP, Clarke GR.

Control of bone growth by epiphyseal stapling: A preliminary report
J Bone Joint Surg Am, 1949; 31: 78-464

19. Brighton CT.

Bone repair after fracture: Instrumental course
ORS, Las Vegas, 1981; 10-12

20. Bronfen C.

Inégalités de longueur des membres inférieurs: du diagnostic au traitement.
Monographie de la SOFOP, Montpellier Sauramps Médical, 2000

21. Bronfen C.

ILMI chez l'enfant et l'adolescent.
Conférence d'enseignement de la SOFCOT, Paris, Elsevier, 2009.

22. Bronfen C, Rigault P, Padovani JP, Touzet P, Finidori G, Chaumien JP.

Foot deformities in longitudinal ectromelia of the lower limbs.
Int Orthop, 1994; 18: 49-139

23. Bukva B et al.

Complications in leg lengthening using an Ilizarov external fixator and intramedullary alignment in children: comparative study during a fourteen-year period
Injury, Int. J. Care Injured xxx (2015) xxx–xx

24. Carlloz H, Clavert JM.

Malformations congénitales des membres inférieurs.
Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT, Paris, Elsevier, 2000.

25. Carlloz H, Filipe G.

Inégalités de longueur des membres inférieurs.
Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT, Paris, Expansion scientifique française, 1987.

26. Carlloz H, Kohler R.

Techniques chirurgicales orthopédie traumatologie de l'enfant.
Eds Orthopedie Pédiatrique membres inférieurs et bassin, Issy les moulineaux, Masson, 2005.

27. Catagni M.

The radiographic classification of bone regenerate during distraction.

Milan Medi Surgical Video Edit, 1991; 53-57.

Eds orthopédie pédiatrique membres inférieurs et bassin, Masson; 2005

28. Cattaneo R, Catagni M, Guerreschi F.

La méthode d'Illizarov. L'expérience de Lecco.

In: Dimeglio A. Les inégalités de longueur des membres. Collection de pathologie locomotrice
N°28, Paris: Masson, 1994; 114-116.

29. Caton J.

Allongement des membres chez l'adulte (adolescents et adultes jeunes).

Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT, Paris, Expansion scientifique, Elsevier, 1995; 78-98

30. Caton J.

Allongements des membres chez l'adulte (adolescents et adultes jeunes).

Conférence d'Enseignement de la SOFCOT, Paris, Elsevier, 1995; 52: 79-88

31. Caton J.

Traitement des ILMI et des sujets de petite taille chez l'enfant et l'adolescent.

Rev Chir Orthop, 1991; 77: 31-80

32. Cauchoix J, Rey JC, Heripret G, Cotrel Y, Morel G.

L'allongement du fémur dans le traitement des inégalités de longueur des membres inférieurs.

Rev Chir Orthop, 1963; 49: 192-200

33. Chao EYS.

Biomechanical analysis of external fixation devices for treatment of open bone fractures.

New York, Willey and Sons, 1982.

34. Chao EYS, Aro HT, Lewallen DG, Kelly PJ.

The effect of rigidity on fracture healing in external fixation.

Clin Orthop, 1989; 241: 24-35

35. Chiaki H, Yosiyuki Y, Hiraku K, Seisuke T, Kiyosi T.

Classification of the callus in limb lengthening radiographic study of 35 limbs.

Acta Orthop Scand, 1992; 63(4): 430-433

36. Codivilla A.

On the means of lengthening in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity.

J Bone Joint Surg Am, 1905; 52: 9-353

37. Cole JD, Justin D, Kasparis T, Devlught D, Knobloch C.

The intramedullary skeletal kinetic distractor (IKSD): first clinical results of a new intramedullary nail for lengthening of the femur and tibia.

Injury, 2001; 32:39-129

38. Coussemnt A, Fauré C, Coussement-Beylard N.

Repères et mesures en imagerie médicale.

4ème édition, Paris, Expansion Scientifique Française, Elsevier, 2004.

39. Craviari T, Berard J, Willemen L, Kohler R.

L'œpiphysiodèse percutanée.

Rev Chir Orthop, 1998; 84: 9-172

40. Craviari T, Sempé M, Chotel F, Bouchard M, Bérard J.

Evaluation de la maturation squelettique au niveau du coude en orthopédie.

Biom Hum Anthropod, 2001; 19:13-27.

41. Damsin JP.

Joints contractures in operative principale of ilizarov

Medi Surgical Video, Milan, 1991; 436-440

42. Damsin JP.

La méthode d'Illizarov: Trente ans de progrès en orthopédie pédiatrique.

Rev Chir Orthop, 2006; 92:7-385.

43. De Bastiani G.

Chondrodiastasis controlled symmetrical distraction of the epiphyseal plate.Limb lengthening in children.

J. Bone Joint Surg Br, 1986; 68B: 545-549

44. De Bastiani G.

Chondrodiastasis controlled symmetrical distraction of the epiphyseal plate: a comparaison of two techniques in the rabbit.

J Bone Joint Surg, 1986; 68B: 550-556

45. De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi Brivio L, Trivella G.

Chondrodiastasis controlled symmetrical distraction of the epiphyseal plate limb Lenghtenning in children.

J Bone Joint Surg, 1986; 68B, 6-550

46. De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi Brivio L, Trivella G.

Limb Lenghtenning by callus distraction (callotasis)

J Pediatr Orthop, 1987; 7:129-134

47. Delpech JM.

De l'orthomorphie par rapport à l'espèce humaine.

These Med, Paris, 1928.

48. Dimeglio A.

La croissance en orthopedie.

Sauramps Medical, Montpellier, 1993

49. Dimeglio A.

Le rachis en croissance.

Springer Verlag, Paris, 1990.

50. Diassana

Mémoire: Résultats radio-cliniques des allongements fémoraux progressifs par FE au cours des ILMI d'origine infectieuse et traumatique

Memoire DES Orthop, Dakar, 2011.

51. Duboit M, Rigault P, Padovani JP, Finidori G, Touzet Ph, Durand Y.

Le devenir des enfants opérés d'allongements par hypoplasie congénitale des membres inférieurs.

Rev Chir Orthop, 1990; 76:1-7

52. Eidelman M, Bialik V, Katzman A.

Correction of deformities in children using the taylor spatial frame.

J Pediatr Orthop, 2006; 15: 387-95.

53. Eyres KS, Bell MJ, Kanis JA.

Methods of assessing newbone formation during limb lengthening: Ultrasonography dual energy
X-ray absorptiometry and radiography compared.

J Bone Joint Surg, 1993; 75: 64-368.

54. Finidori G, Glorion C, Langlais J.

La pathologie épiphysaire de l'enfant.

Monographies du GEOP, Montpellier, Sauramps Medical, 2003; 5-21.

55. Fischgrund J, Pley D, Suter C.

Variables affecting time to bone healing during limb lengthening.

Clin Orthop Relat, 1994; 301: 7-31

56. Frost HM.

Skeletal structural adaptations to mechanical usage (SATMU).

Anat Rec, 1990; 226: 32-423

57. Glorion C.

Complications des allongements des membres.

Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT, Paris, Elsevier; 58-139

58. Guichet J, Deromedis B, Donnan LT, Peretti G, Lascombes P.

Gradual femoral lengthening with the albizzia intramedullary nail for lengthening of the femur
and tibia

Injury, 2001; 32, 39-129

59. Hankemeir S, Pape HC, Gosliing T, Hugner T, Richter T, Krettec C.

Improved confort in lower limb lengthening with the intramedullary skeletal kinetic distraction:
Principles and preliminary clinical experiences.

Arch Orthop Trauma Surg, 2004; 124: 33-129

60. Heppenstal R.

Fracture treatment and healing.

WB Saunders, Philadelphia, 1980; 2 ème édition: 12-13

61. Herzenberg JE, Scheufele LL, Paley D, Bechtel R, Tepper S.

Knee range of motion in isolated femoral lengthening.

Clin Orthop, 1994; 301: 49-54

62. Hope PG, Crawford EJP, Catterall A.

Bone growth following lengthening for congenital shortening of the lower limb.

J Pediatr Orthop, 1994; 14: 42-339.

63. Ilizarov GA.

A new principle of osteosynthesis with the use of crossing pin and rings.

Kurgan Regional Scientific Medical Society (Kurgan, URSS), 1954; 145-160

64. Ilizarov GA.

Clinical application for the tension stress effect for limb lengthening.

Clin Orthop, 1990; 250: 8-26.

65. Ilizarov GA.

The treatment of pseudarthrosis complicated by osteomyelitis and elimination of purulent cavities. Transosseous osteosynthesis: theoretical and clinical aspects of the regeneration and growth of tissue.

Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1992; 495-546

66. Ilizarov GA, Deviatov A.

Allongement chirurgical de jambe avec correction d'axe dans le même temps.

Orthop. Trauma. Protez, 1969; 30: 32-37

67. Ilizarov GA, Lediaev VI.

The replacement of long tubular bone defects by lengthening distraction osteotomy of one of the fragments.

Clin Orthop, 1992; 280: 7-10.

68. Jawish R, Carlioz H.

Conservation du pied dans le traitement de l'ectromelie longitudinale externe.

Rev Chir Orthop, 1991; 77: 20-115

69. Jouve JL, Bollini G, Launay F, Glard Y, Craviari T.

Cartilage de croissance et croissance en Orthopédie

EMC, Paris, Elsevier, 2009; 14-009-A-10

70. Karger C.

Les épiphysiodèses chirurgicales: Techniques, indications et résultats.

Conférence d'enseignement de la SOFCOT, Paris, Elsevier, 1995; 34-219

71. Kempf A, Grosse A, Levevre C.

Allongement extemporané du fémur fixé par clou centromédullaire verrouillé.

Rev Chir Orthop, 1982; 68: 9-575.

72. Kempf I, Grosse A, Lefevre C.

Allongement extemporané du fémur fixé par clou centromédullaire verrouillé.

Rev Chir Orthop, 1982; 68: 575-579

73. Krieg AH, Speth BM, Foster B.

Leg lengthening with a motorized nail in adolescents. An alternative to external fixation?

Clin Orthop, 2008; 466: 189-197

74. Kucukkeye M, Karakoya.

Femoral lengthening and deformity correction using the fitbone motorized lengthening nail

75. Langlais J, Mouton P.

Résultats éloignés des techniques d'allongement.

Rev Chir Orthop, 1991; 77: 2-51.

76. Langlois V, Laville JM.

La distraction épiphysaire dans les inégalités de longueur et déviations angulaires des membres.

Rev Chir Orthop, 2005; 91: 199-207

77. Launay F, Younsi R, Pithiaux M.

Fracture dans les suites d'un allongement de membre chez l'enfant: une série de 58 patients.

Rev Chir Orthop, 2013; 99: 52-59.

78. Lee DY, Chund CY, Choi H.

Longitudinal growth of the rabbit tibia after callotasis.

J Bone Joint Surg (Br), 1993; 75:898-903

79. Liotta JF, Ambrose TA, Eilert RE.

Fluoroscopic technique versus Phemister technique for epiphysiodesis

J Pediatr Orthop, 1992; 12: 51-24

80. Magnusson PB.

Lengthening shortened bones of the leg by operation.

Surg Gynecol Obstet; 1913; 17: 63-71

81. Mahmoud A, Amgad M, Abdelmohsen MT, Nagy AY.

Is the intramedullary skeletal kinetic distractor a safe measure for bone lengthening? A systematic review

Journal of Orthopaedics, Trauma and Rehabilitation 18; 2014: 69-78

82. Merle D'aubigné R, Vaillant JM.

A propos du traitement des inégalités de longueur des membres inférieurs.

Rev Chir Orthop, 1965; 51: 95-189

83. Merlioz PH, Van Nieuwenhuyse N.

Allongements des membres et méthode Ilizarov. In: DIMEGLIO A. Les inégalités de longueur des membres.

Collection de pathologie locomotrice N°28.Paris:Masson.1994; 104-109.

84. Merlioz PH.

Fixation externe et ostéogenèse en distraction.

Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT, Elsevier, Paris, Fixation externe du squelette; 1996, N°58, 29-40

85. Metaizeau J, Wong Chung J, Bertrand H, Pasquier P.

Percutaneous epiphysiodesis using transphyseal screws (PETS)

J Pediatr Orthop; 1998, 18: 9-363

86. Monticelli G, Spinelli R.

Distraction epiphysiolyse as a method of limb lengthening.

Clin Orthop; 1981, 154: 85-254.

87. Morel G, Morin C.

Technique simplifiée de l'allongement extemporané du fémur chez l'enfant.

Chir Pediatr; 1986, 27: 8-326.

88. Moseley CE.

A straight graph for leg length discrepancies.

J Bone Joint Surg Am; 1977, 59: 9-174.

89. Moseley CE.

A straight line graph for leg length discrepancies

Clin Orthop 1978; 136: 33-40

90. Moulies D, Chaudruc JM.

Etiologies des ILMI

In: DIMEGLIO A. Les inégalités de longueur des membres. Collection de pathologie locomotrice
N°28, Paris, Masson, 1994:113-114.

91. Netter FH.

Atlas d'anatomie humaine. Troisième édition.

New Jersey: Icon Learning Systems; 2004, 542

92. Niemala BJ, Tjernstrom B, Anderson G, Wahlsten S.

Does leg lengthening pose a threat health? An interim report one year after surgery.

J Pediatr Orthop; 2007, 27: 7-611.

93. Ohashi N, Robling AG, Burr DB, Turner CH.

The effects of dynamic axial loading on the rat growth plate.

J Bone Miner Res; 2002, 17: 92-284

94. Olney BW, Jayaraman G.

Joint reaction forces during femoral lengthening
Clin Orthop; 1994, 301: 64-67

95. Ombredane C.

Allongement d'un femur sur un membre trop court.
Bull Mem Soc Chir, Paris; 1913, 39: 11-77

96. Pallaro J, Angelliaume B, Dunet N, Lavoinnie.

Reconstruction de pertes de substance osseuse fémorale par fixateur externe monoplan avec transport osseux
Rev Chir Orthop, 2015, 101: 309-384

97. Paley D.

Problems, obstacles and complications of limb lengthening by ilizarov technique.
Clin Orthop, 1990; 250: 81-104.

98. Paley D, Herzenberg JE, Paremain G, Bhav A.

A femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening.
J Bone Joint Surg Am; 1997, 79: 80-1464

99. Pauwels F.

Biomécanique de la hanche saine et pathologique
Springer Verlag, Paris; 1977

100. Popkov D, Journeau P, Popkov A, Haumont T, P. Lascombes

Allongement des membres dans la maladie d'Ollier : doit-on associer embrochage centromédullaire et fixateur externe circulaire
Rev Chir Orthop; 2010, 96: 413-419

101. Pouliquen JC, Glorion C, Langlais JL.

Allongement de membre par la méthode du callotasis.
Cahier d'enseignement de la SOFCOT; 1996, 58: 293-302

102. Pouliquen JC, Glorion CH, Langlais E, Viehweger E.

Les complications des allongements des membres.

In: Clement J.L, Daoud A, Griffet J. Les inegalités de longueur des membres inférieurs.

Montpellier: Sauramps Medical.1998; 203-230

103. Phemister DB.

Operative arrest of longitudinal growth of bone in the treatment of deformities

J Bone Joint Surg Am 1933, 15: 1-15

104. Ray RD.

The role of pituitary and thyroid in the healing of standard bone defects.

J Bone J Surg; 1973, 55-B: 442

105. Rozbruch SR, Paley D, Bhave A, Herzenberg JE.

Ilizarov hip reconstruction for the late sequelae of infantile hip infection.

J Bone Joint Surg, 87-A; 2005: 1007-1018

106. Sabharwal S, Paley D, Bhave A, Herzenberg JE.

Growth patterns after lengthening congenital short lower limbs in young children.

J Pediatr Orthop, 2000, 20: 45-137.

107. Salai M, Chechick A, Ganel A, Blankstein A, Horosowski H.

Subluxation of the hip joint during femoral lengthening

J Pediatr Orthop; 1985, 5: 642-644

108. Sangare M.

Etude des inégalités de longueur des membres inférieurs chez l'enfant dans le service orthopédique et traumatologique du CHU Gabriel TOURE

Thèse Med, Bamako, 2007,N°

109. Saran N, Hamdy RC.

Dexa as predictor of fixator removal in distraction osteogenesis.

Clin Orthop; 2008, 466: 61-2955

110. Sedel L, Vareilles JL.

Consolidation des fractures.

Traité de l'appareil locomoteur, Elsevier, Paris; 1992, 14: 0-31

111. Shapiro F.

Developmental patterns in lower extremity length discrepancies.

J Bone Joint Surgery Am 1982; 64: 51-639

112. Shevtsov VI, Popkov AV, Popkov DA, Yerofeev SA, Lascombes P.

Embrosage centro-médullaire dans les allongements osseux selon Ilizarov.

Rev Chir Orthop; 2004, 90: 399-410

113. Shevtsov VI, Popkov AV, Popkov DA, Prévot J.

Réduction de la durée du traitement dans les allongements osseux progressifs.

Rev Chir Orthop; 2001, 87: 56-248

114. Sissons HA, Hadfield GJ.

The influence of cortisone on the repair of experimental fractures in the rabbit.

J Bone J Surg; 1954, 38-B: 172

115. Sobotta

Atlas of human Anatomy 15^{ème} édition

Edited by Paulsen F. and J. Waschke, Paris, Elsevier; 2011

116. Song HR, Oh CW, Matoo R, Park BC, Kim SJ, Park IH.

Femoral lengthening over an intramedullary nail using the external fixator. Risk of infection and knee problems in 22 patients with follow up of two years or more.

Acta Orthopaedica; 2005, 76: 52-245

117. Stevens PM .

Guided growth for angular correction. A preliminary series using a tension band plate

J Pediatr Orthop, 2007, 27: 9-253

118. Stokes IA, Aronsson DD, Dimock AN, Cortright V, Beck S.

Endochondral growth in growth plates of three species at two anatomical locations modulated by mechanical compression and tension.

J Orthop Res; 2006, 24: 34-1327

119. Szepeki K, Rigo J, Scucs G.

Treatment of leg length discrepancy by subtrochanteric shortening of the femur.
J Pediatr Orthop; 1990, 10: 5-183

120. Tachdjian MO.

Pediatrics Orthopedics
Saunders Ed, Tome 4: 2893-3012

121. Taylor JC.

Perioperative planning for two and three planes deformities.
Foot Ankle Clin Am, 2008, 13: 69-121.

122. Tjernstrom B, Olerud S, Rehnberg L.

Limb lengthening by callus distraction. Complications in 53 cases operated 1980-1991
Acta Orthop Scand; 1994, 65: 55-447

123. Tylkowski CM, Wezeman FA, Ray RD.

Hormonal effects on the morphology of bone defect healing
Clin Orthop, 1976, 115: 274-285

124. Unthof HF, Jaworski ZF.

Bone loss in response to longtem immobilisation.
J Bone J Surg; 1978, 60-B : 420-429.

125. Vidal JG, Dossa JG.

Evolution de la fixation externe du statique au dynamique.
These Med, Montpellier; 1990.

126. Villa A, Catagni M.

Allongement des membres par la méthode d'Illizarov.
In: DIMEGLIO A. Les inégalités de longueur des membres.
Collection de pathologie locomotrice N° 28. Paris: Masson; 1994:116-123

127. Volkman R.

Chirurgische Erfahrungen über Knochenverbiegungen und Knochenwachstum
Arch Pathol Anat; 1862, 4: 40-512

128. Wagner H.

Operative lengthening of the femur

Clin Orthop; 1978, 136: 42-125

129. Wagner H.

Operative lengthening of the femur

Clin Orthop, 1978, 136:125-142

130. Wani N, Baba A, Kangoo K, Mir M.

Role of early Ilizarov ring fixator in the definitive management of type 2,3A and 3B open tibial shaft fractures.

International Orthopaedics (SICOT); 2011, 35: 915-923.

131. Winkquist RA, Hansen ST, Pearson RE.

Closed intramedullary shortening of the femur.

Clin Orthop; 1978, 136: 54-61

132. Wolf J .

Dasgesetz der transformation der knochen

Verlag von august-Hirschwald (Berlin); 1892

ANNEXES

Tableau Récapitulatif des Résultats

	HOGGY 1 (ILIZAROV)	HOGGY 2 (HOFFMAN)	CHOM DAKAR
Nombre de Patients	32	7	13
Age Moyen	19	16,71	24,84
Tranche D'Âge	10-36	10 - 24	16-52
Sexe	59 % M / 41 % F	42,86 % M / 57,14 % F	76,92 % M / 23,08 % F
Durée d'évolution / Extrêmes	84 mois / 4-288 mois	61 mois / 4- 108 mois	126 ,76 mois / 4 - 324 mois
Siège ILMI	20 droite / 12 gauche	4 droite 57,14 % / 3 gauche 42,86 %	7 Droite 53,85 % / 6 gauche 46,15 %
Etiologies	77,8 % (ostéoartrite) % (traumatisme) 16,70 5,60 % (100 % (Ostéoartrite)	5 trauma 38,46 % 3 Ostéoartrite 23,08 % OTNAF 15,38 % 3 Epiphysiodese 23,07 %
Raccourcissement	64,11 mm / 17-190 mm	45,86 mm / 28 mm - 80 mm	68,46 mm / 35 mm - 90 mm
Analyse marche	88,3 % (autonome) 11,1 % (2 cannes) 0,56 % (1 canne)		84,61 % (autonome) 7,69 % (2 cannes) 7,69% (1 canne)
Stabilité articulaire	22,2 % hanches instables % genoux stables 100	2 hanches instables 28,57 % % genoux stables 100	0 % hanche instable 100 % genoux stables
Durée du traitement	232 jours / 110- 363 jours	249,14 jours / 150 - 342 jours	
Type de fixateur externe	ILIZAROV 100 %	HOFFMAN 100 %	ORTHOFIX 100%
Anesthésie	72,22 % (ALR convertie en AG) (AG) 16,67 % 11,11 % (ALR)		100 % ALR
Amplificateur de brillance	66,67 % sans scopie % avec scopie 33,33	85,71 % sans scopie (6 cas) 14,29 % avec scopie (1 cas)	84,61 % sans scopie (1 cas) 15,39 % avec scopie (2 cas)
Table opératoire	72,22 % (table ordinaire) % (table orthopédique) 27,78	100 % (table ordinaire)	100 % (table ordinaire)
Site de corticotomie	72,22 % (métaphysaire) % (diaphysaire) 27,78	6 diaphysaire (85,71 %) métaphysaire (14,29 %) 1	100 % diaphysaire
Gestes adjuvants	Ténotomie percutanée des adducteurs (3 cas)	Tenotomie percutanée des adducteurs (1 cas) Changement appareil Ilizarov (1 cas)	Néant
Délai avant distraction	6 jours 1-18 jours Distraction réalisée par patient ou ses proches (30 cas soit 93,75 %)	5,14 jours Extrêmes 2-14 jours	10
Durée d'hospitalisation	7 jours 3-18 jours Extrêmes		10
Rééducation	75 % (24 patients) après ablation fixateur externe	71,43 % (5 patients)	100%
Résultats anatomiques	Egalité 33,33 % Raccourcissement 55,56 % Hyper-allongement 11,11 % Allongement moyen 55,89 mm soit 12,03 % longueur départ .Extrêmes :?		Egalité 15,38 % Raccourcissement 84,62 % Hyper-allongement 0 % Allongement moyen : 43,07 mm / Extrêmes 35-70 mm
Aspect régénérat		Atténué : 33,33 % Rectiligne : 33,33 % Externe : 33,33 % Absent : 0 % Opposé : 0 % Pilaire : 0 %	Absent : 7,69 % (1 cas) Rectiligne : 46,15 % (6 cas) Externe : 30,77 % (4 cas) Interne : 7,69 % (1 cas) Opposé : 7,69 % (1 cas) Pilaire : 0 %
Indice de guérison	56,29 jours 153 jours 19 -	67,43 jours Extremes : 55 - 120,40 jours	56,97 jours Extremes : 30 jours - 115 jours
Résultats fonctionnels	Douleur en fin de traitement : 18,75 % des cas Marche : 83,33 % Autonome;11,11 % 1 canne ; 5,56 % 2 cannes	Douleur en fin de traitement : 0 % des cas Autonomie : Mobilité genou : moyenne dans 57,14 % et bonne dans 42,86 % Mobilité hanche : moyenne dans 57,14 %	Douleur en fin de traitement : 0 % Mobilité genou : moyenne 76,9 % Bonne 13,1 % Mobilité hanche : moyenne 53,85 % Bonne 38,46 % Absente 7,7 %
Complications per opératoires	Eclatement cortical 18,75 % (6 cas)	Eclatement cortical 14,28 % (1 cas)	0%
Complications post-opératoires immédiates	0%	0%	0%
Complications mécaniques de la phase d'allongement	Mécanique : 72,2 % Raideur genou : 31 patients / 96,8% Déformation plastique 11 patients / 34,3 % avec 62,50 % en varus et 37,50 % en fessum Contracture musculaire 7 patients / 21, 8 % Subluxation 5 patients / 15,6 % avec 3 hanches 9,37 % et	Mécanique : 85,71 % Raideur genou : 6 patients / 85,71 % Déformation plastique : 4 patients / 57,14 % Contracture musculaire : 1 patient / 14,28 %	Mécanique :84,61 % Raideur genou vs limitation mobilité : 10 patients soit 76,92 % Déformation plastique :6 patients soit 46,15 % Contracture musculaire : 2 patient soit 15,38 % Subluxation : 0%
Complications biologiques de la phase d'allongement	Infection 7 patients 21,8 % 2 escarres 6,25 % et 5 orifices broches 15,6 % Consolidation précoce 2 patients 6,25 % Saignement 1 patient 3,1 %	Infection 2 patients / 28,57 % avec 2 orifices broches et 1 escarres Consolidation précoce : 0 % Saignement : 0 %	Infections : 4 patients 30,77 % (100 % infections des orifices) Consolidation précoce : 15,38 % soit 2 patients Retard de consolidation : 15 , 38 % soit 2 patients Saignement précoce : 0 %
Complications mécaniques à la phase de consolidation	Mécanique : 61,11 % a compléter Raideur articulaire : 31 patients / 96,8% Déformation plastique 11 patients / 34,3 % avec 62,50 % en varus et 37,50 % en fessum Contracture musculaire 7 patients / 21, 8 % Subluxation 5 patients / 15,6 % avec 3 hanches 9,37 % et 2 genoux 6,25 %	Mécanique : 100 % Raideur articulaire : 6 patients / 85,71 % Déformation plastique 3 patients / 42,86 % avec 66,67 % en varus et 33,33 % en fessum Contracture musculaire 0 patients Subluxation 0 patient	Mécanique : 84,61 % Raideur articulaire : 8 patients soit 61,53% (tous les patients ont bénéficié par la suite d'une intervention de judet ou mobilisation sous AG Cal vicieux chirurgical : 2 patients soit 15,38 % Cal vicieux mineur : 3 patients soit 23,07 % Pseudarthrose : 2 patients soit 15,38 % Fracture regenerat :2 patients soit 15,38 %
Complications biologiques à la phase de consolidation	Biologiques : Infections 18,75 % soit 6 patients Orifices broches ou fiches 3 patients soit 9,3 % / escarre 4 patients soit 12,5 % / Ostéite 1 patient soit 3,1 %	Biologiques : 14 ,28 % (1 patient) Infections (ostéite)	Biologiques : 1 patient soit 7,7 % (Infections : OMC non séquestrante)

SERMENT D'HIPPOCRATE

« En présence des maîtres de cette école, de mes chers condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et je n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs Pères. Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses !

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque ! »

PERMIS D'IMPRIMER

Vu :

Le président du jury

Vu :

Pour le doyen

Vu et permis d'imprimer

Pour le recteur, président de l'assemblée d'Université Cheikh Anta Diop de
Dakar

et par délégation

Le doyen

RESUME

RESULTATS THERAPEUTIQUES DES ALLONGEMENTS PROGRESSIFS PAR FE : A PROPOS DE 52 CAS D'ILMI

Auteur : Joseph Davy Diouf DIOUF e-mail : jodavydiouf@gmail.com

INTRODUCTION

Les techniques d'allongement sont appliquées très largement au traitement des ILMI. L'allongement par FE a ses complications propres (infections sur le trajet des broches ou fiches, les fractures du régénérat après ablation du matériel). L'objectif de notre travail était d'analyser les résultats thérapeutiques des allongements par fixateur externe et de cerner les complications propres à l'exofixation.

MATERIELS ET METHODES

Il s'agissait d'une étude rétrospective multicentrique sur 11 ans allant du 1^{er} Janvier 2005 au 1^{er} janvier 2011. L'âge moyen de nos patients était de 20,18 ans (10-52 ans) avec une nette prédominance masculine (60 %). Les séquelles d'ostéarthrite de hanche représentaient la principale cause d'ILMI (67 %).

RESULTATS

Sur le plan anatomique, le raccourcissement moyen était de 59,48 mm (17-190 mm). L'allongement moyen dans notre série était de 49,48 mm avec des extrêmes de 15 et 150 mm. L'égalisation était obtenue chez 25,76 % des patients. Une inégalité résiduelle était observée chez 70,53 % des patients. Différents types de FE étaient utilisés : L'Ilizarov (62 %), l'Orthofix (25 % des cas) et Hoffman (13 % des cas). Un allongement mono segmentaire était réalisé dans la majorité des cas (98 %). Une corticotomie en région métaphysaire était beaucoup plus retrouvée. Le délai avant distraction dans notre série était de 7 jours (1 et 18 jours). L'index de consolidation moyen était de 60,23 jours/cm.

L'éclatement corticale était la seule complication per-opératoire notée (11,1%) et retrouvée surtout avec le fixateur externe Ilizarov.

Durant la phase d'allongement, 86,47 % des patients de notre série présentaient une limitation sévère de la fonction du genou (18,75 ° de flexion en moyenne). 17,15 % des patients présentaient une contracture musculaire. 19,48 % des patients présentaient une subluxation au niveau de la hanche et du genou et un cas de subluxation tibio-péronière distale. 45,86 % des patients de notre série présentaient une déformation plastique. Les infections étaient beaucoup plus retrouvées (25 % des patients) quel que soit le type de FE. Un cas de retard de consolidation et de consolidation précoce était retrouvés avec les FE Orthofix et Ilizarov.

Durant la phase de consolidation, 86,53 % des patients de notre série (45) ont présenté une limitation de la fonction du genou. 7,7 % des patients de notre série ont présenté une pseudarthrose du régénérat et une fracture du régénérat avec le FE Orthofix. 9,61 % des patients ont présenté avec le FE Ilizarov une subluxation persistante. 38,54 % des patients de notre série ont présenté un cal vicieux avec des proportions sensiblement similaires en fonction du FE utilisé. Les déformations en varus étaient plus fréquemment retrouvées. En moyenne, 18,75 % des patients Ilizarov, 14,28 % des patients Hoffman et 7 % des patients Orthofix présentaient des complications d'ordre biologique.

Sur le plan fonctionnel, la mobilité post opératoire du genou et de la hanche était bonne respectivement chez 36,7 % et 45,2 % des patients.

CONCLUSION

Mots clés : Allongement des membres, Ostéoarthrite, Fixateur externe, raideur du genou, cal vicieux