

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Salah Bounider Constantine 3
Faculté de Médecine



**Traitement chirurgical conservateur des gonarthroses sur
genou varum : étude comparative ostéotomie tibiale de
valgisation par addition interne Vs soustraction externe**

THÈSE

**Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Médicales
en Chirurgie orthopédique**

Présentée par

Docteur ABDERREZAK Nedjemeddine

Maitre-assistant en chirurgie orthopédique et traumatologie

Sous la direction du Professeur : BOUZITOUNA MAHDJOUB (Faculté de Médecine de Constantine 3)

Membres du jury

Président : Professeur AMALOU ALLAOUA (Faculté de Médecine de Sétif 1)

Membre : Professeur OUMLARGUEB ZAKARIA (Faculté de Médecine de Constantine 3)

Membre : Professeur ALLACHE KACI (Faculté de Médecine d'Alger 1)

Membre : Professeur : BOUZIDI TAREK (Faculté de Médecine de Constantine 3)

Année 2023-2024

REMERCIEMENTS ET DÉDICACE :

À NOTRE MAÎTRE ET PRÉSIDENT DU JURY

Monsieur le professeur AMALOU ALLAOUA

Merci d'accepter de présider ce jury de thèse.

À NOTRE MAÎTRE ET DIRECTEUR DE THÈSE :

PR. MAHDJOUR BOUZITOUNA

Professeur des universités

Chef de service de chirurgie orthopédique et traumatologie du CHU de Constantine
Doyen de la faculté de médecine de Constantine 3 Salah BOUBNIDER

Vous m'avez assisté, accompagné et conseillé tout au long de mon travail. Votre organisation et votre rigueur dans l'exercice de la chirurgie est pour moi un exemple. Soyez assuré Monsieur de ma profonde estime et de mon éternelle reconnaissance.

À NOS MAÎTRES ET JUGES

Monsieur le professeur AMALOU ALLAOUA

Monsieur le professeur OUMLARGUEB ZAKARIA

Monsieur le professeur BOUZIDI TAREK

Monsieur le professeur ALLACHE KACI

Merci d'accepter d'être les membres de mon jury.

Remerciements

La rédaction d'une thèse de doctorat représente un défi intellectuel et personnel de taille. C'est un accomplissement qui ne peut être atteint sans le soutien et la contribution de nombreuses personnes. En cette occasion solennelle, il est de mise d'exprimer ma gratitude envers ceux qui ont permis la réalisation de ce projet.

Tout d'abord, je tiens à remercier mon directeur de thèse, le Professeur **Bouzitouna**

Vous m'avez assisté, accompagné et conseillé tout au long de mon travail. Votre organisation et votre rigueur dans l'exercice de la chirurgie est pour moi un exemple. Soyez assuré Monsieur de ma profonde estime et de mon éternelle reconnaissance.

Je souhaite également exprimer ma reconnaissance envers les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail avec attention et perspicacité. Leurs commentaires et suggestions constructifs m'ont permis d'améliorer la qualité de ma thèse de manière substantielle.

De même, je tiens à souligner l'apport inestimable de mes collègues et amis qui, par leurs encouragements et leur soutien indéfectible, j'ai pu finir ce travail.

Enfin, je ne saurais oublier ma famille, en particulier ma femme, mes parents, mes enfants, ma belle-mère qui m'ont toujours soutenu dans mes études et m'ont offert les meilleures conditions pour me consacrer pleinement à ce projet.

C'est grâce à l'ensemble de ces personnes que j'ai pu mener à bien la rédaction de cette thèse. Je leur en suis profondément reconnaissant et j'espère pouvoir, à mon tour, contribuer à l'avancement des connaissances.

PREMIER CHAPITRE ÉTUDE THÉORIQUE .

I. Introduction :	1
II. Définition de L’arthrose	2
III. Epidémiologie et prévalence de la gonarthrose	3
IV. Histoire de l'ostéotomie autour du genou	4
a. Préhistoire :.....	4
b. Ère des pionniers : naissance de la technique.....	4
c. Temps modernes : le progrès au service de l'ostéotomie	5
d. La guerre froide entre ostéotomie et arthroplastie dans le traitement de l'arthrose :..	6
e. Printemps de l'ostéotomie : nouvelles perspectives	7
V. ANATOMIE	9
A. Le cartilage	9
B. Description anatomique générale	11
1). Surfaces articulaires	12
b) L'extrémité supérieure du tibia.....	14
1.2 Les ménisques interarticulaires	15
1.3 L'articulation fémoropatellaire	16
2). Moyens d'union.....	18
3). Nerfs :.....	22
VI. PHYSIOLOGIE ARTICULAIRE DU GENOU	23
VII. BIOMECANIQUE DU GENOU	27
A. Définition des axes fémoro-tibiaux et méthodes de mesure	27
1). Définition des axes :.....	27
2). Mesure de la déviation angulaire	32

3).Etude statique :	35
4). Etude dynamique :	42
a. Calcul des contraintes et aspect dynamique.....	42
b. Pathogénie de la gonarthrose d'origine mécanique : Analyse théorique	43
<i>1). Déplacement de la force R en dedans</i>	<i>44</i>
<i>1)Déplacement de la force R en dehors</i>	<i>44</i>
<i>2)Impact sur la stabilité</i>	<i>44</i>
<i>3)Evolution de la contrainte maximale.....</i>	<i>45</i>
5). Evolution anatomique de l'arthrose	46
B. Etiologie :.....	47
VIII. Etude clinique.....	49
1. Anamnèse	49
2. L'examen clinique.....	52
IX.ETUDE RADIOLOGIQUE	56
A. Les incidences.....	57
1Incidences de face	57
2). Incidence de profil	60
3). La pente tibiale.....	61
4). Incidences tangentielles fémoro-patellaires	62
5). Clichés dynamiques en varus forcé et valgus forcé	63
6). Goniométrie	65
B. PLANIFICATION RADIOLOGIQUE	67
X. TRAITEMENT CHIRURGICAL	70
A.Indications des ostéotomies de correction (tibiale, fémorale).....	70

1).Objectif de la correction.....	72
2). Sièges de la correction	73
B.Bases mécaniques des ostéotomies autour du genou.....	76
1). Morphotype normal	76
2). Concept de varus fémoral pathologique	79
3). Concept de l'interligne oblique du genu varum	80
4). Définition du plan de coupe	81
5). Modification de la présentation sagittale tibiale(pente tibiale)	84
6).Modifications de la hauteur patellaire dans les ostéotomies tibiales	85
C. L'ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture interne sus-tubérositaire	86
D. Ostéotomie tibiale de valgisation par fermeture externe sur genu varum.....	94
E. Comparaison entre ostéotomie par fermeture latérale/ouverture médiale ?.....	104
C. Rééducation après une ostéotomie autour du genou	112
DEUXIEME CHAPITRE ÉTUDE PRATIQUE.....	116
I.MATERIELS ET METHODES.....	117
1. La série.....	117
1.1 Critères d'inclusion.....	117
1.2 Critères d'exclusion : il est exclu de la série tous malade :.....	117
1.3Présentation de la série.....	117
a. Déroulement de l'étude :.....	118
b.Période d'étude :.....	119
c.Taux de revus :.....	119
d.Etude statistique :.....	119
II. METHODES.....	120
Techniques chirurgicales.....	120

1).Ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture médiale (addition) OTVO :.....	120
2).Ostéotomie tibiale de valgisation par fermeture latérale (soustraction) OTVF :.....	126
III. Méthodes d'évaluation :.....	133
1.Evaluation clinique :.....	133
2.Evaluation fonctionnelle :.....	134
3.Evaluation radiologique :	135
4.Le taux de complications:.....	136
5.Progression de l'arthrose :.....	136
6.La survie /révision par PTG :	136
IV.Etude de la série :.....	137
<i>1).Taille de l'échantillon :</i>	<i>137</i>
<i>2).Caractéristiques démographiques des patients :</i>	<i>137</i>
a.Répartition selon le sexe	137
b.Répartition selon l'âge :.....	138
c.Répartition selon l'indice de masse corporelle :.....	139
d.Répartition selon le genou atteint :.....	140
e.Répartition des patients selon le coté opéré :	141
f.Répartition selon le score ASA :.....	141
j. Répartition selon les antécédents médicaux des patients :.....	142
h. Répartition selon l'étiologie :.....	144
<i>3).Le recul de la série :</i>	<i>146</i>
<i>4.Caractéristiques cliniques des patients :.....</i>	<i>148</i>
4.1. Répartition selon le score de Charnley	148
4.2. Répartition selon le score de Devane :	149
4.3. Répartition selon la mobilité articulaire :	150

4.4. Répartition selon le flessum articulaire :	151
4.5. Répartition selon le Score HSS préopératoire :	152
4.7. Répartition selon le Score d'OXFORD préopératoire :	153
4.6. Répartition selon le Score KOOS préopératoire :	154
5.Caractéristiques radiologiques des patients :	155
5.1 Répartition selon la mesure de l'arthrose :	155
5.2. Mesures goniométriques préopératoires :	157
5.2.1L'angle HKA :.....	157
5.2.2L'angle HKI :.....	157
5.2.3L'angle AKI :.....	157
5.3. Mesure du varus épiphysaire :	157
5.4. Mesure de la pente tibiale :	158
5.5. Mesure de la hauteur rotulienne :	158
V.Résultats.....	160
1).Données opératoires et d'hospitalisation :	160
1.1. Répartition des interventions :	160
1.2. Répartition selon le type d'anesthésie :	160
1.3. Répartition selon le temps opératoire :	161
1.4. Répartition selon La durée d'hospitalisation :	162
2)Résultats cliniques et fonctionnels postopératoires :	162
2.1. Réparation selon le score de Charnley :	162
2.2. Réparation selon le score de Devane :	163
2.3. Répartition selon le degré de mobilité articulaire :	165
2.4. Flessum post-opératoire :	166
2.5. Répartition selon le score HSS :	167

2.7. Répartition selon le score d'Oxford :	169
3).Résultats radiologiques :	170
3.1. Mesure de l'arthrose :	170
3.2. Mesures goniométriques :	172
4).Complications post-opératoires :	178
5).Taux de survie :	180
VI.ANALYSE DES RESULTATS.....	181
1).Résultats fonctionnels :	181
1.1. Evaluation des scores en fonction de l'âge :	181
1.2.Evaluation des scores en fonction du sexe :	182
1.3. Evaluation des scores en fonction de IMC :	183
1.4. Répartition des scores fonctionnels postopératoire selon Devane initial :	184
1.5. Répartition des résultats en fonction du score de Charnley :	185
2).Résultats radiologiques :	186
b.Evolution des scores en fonction de l'atteinte fémoro-tibiale :	186
c.Evolution des scores en fonction de l'atteinte fémoropatellaire :	187
2.3Evaluation des corrections angulaires et HKA postopératoire selon les scores fonctionnels....	188
VII. DISCUSSION.....	189
1). Résultats des Ostéotomie tibiale de valgisation par addition interne OTVO :	189
2). Analyse des résultats des ostéotomies tibiales de valgisation OTVF	193
3). Séries comparant les deux techniques OTVO et OTVF:	195
3). Analyse des taux de survie :	201
3.1. Taux de survie des ostéotomies tibiale de valgisation :	201
3.2. Taux de survie des séries comparatives	202
4). Les différents paramètres à considérer :	205

4.1	L'âge :.....	205
4.2	L'indice de masse corporelle :.....	206
4.4	L'évolution arthrosique.....	208
4.5	La fémoro-patellaire.....	210
4.6	Considérations sur la correction des OTV :.....	210
4.6	La pente tibiale :.....	213
4.7	La hauteur rotulienne.....	215
4.8	Le ligament croisé antérieur et ostéotomie tibiale de valgisation :..	217
5).	Les complications et les causes d'échecs :	218
5.1.	Les complications et les échecs des OTVF :	218
5.2.	Les complications et les échecs des OTVO :	219
5.3.	La Consolidation :	220
6).	Reprises des ostéotomies tibiales de valgisations par PTG :	222
VIII.	Recommandations :.....	225
IX.	Conclusion :.....	232

PREMIER CHAPITRE ÉTUDE THÉORIQUE

I. Introduction :

L'arthrose du genou est une affection fréquente et souvent invalidante du fait du caractère portant de l'articulation. Sa prévalence est élevée et augmente avec l'âge, en particulier chez la femme où elle atteindrait, selon les études, 25 % à 49 % après 65 ans. Toutefois, seulement 40 % des arthroses modérées et 60 % des formes évoluées deviendraient symptomatiques. Son polymorphisme clinique provient du fait que le genou est une articulation complexe, constituée de trois compartiments, fémoro-tibiale médial, fémoro-tibiale latéral et fémoro-patellaire, de biomécanique très différente, conduisant à des attitudes thérapeutiques spécifiques.

La gonarthrose est dans la majorité des cas secondaire à un défaut mécanique. Le traitement chirurgical des gonarthroses va donc avoir pour but de corriger ces défauts mécaniques, permettant ainsi d'enrayer l'évolution, voire de la faire régresser, et de soulager ainsi la symptomatologie fonctionnelle.

Les ostéotomies pour gonarthrose sont pratiquées depuis plus d'un demi-siècle et ont fait la preuve qu'elles pouvaient stabiliser le processus arthrosique. Ces opérations sont en compétition avec les arthroplasties partielles ou totales qui sont de plus en plus fiables. Pourtant, les prothèses ne sont pas encore capables de supporter durablement une activité importante, et chez les sujets jeunes, les ostéotomies restent l'indication de choix. Dans le genu varum, qui représente 90 % des cas, le calcul théorique suggère qu'il faut réaliser une hypercorrection et l'expérience acquise le confirme grâce à de nombreuses séries étudiées avec plus de 10 et 15 ans de recul.

Les ostéotomies tibiales proximales sont un aspect important du traitement de la gonarthrose. Elles sont indiquées dans la gonarthrose latéralisée associée à une déviation axiale qui peut être la cause ou le facteur aggravant de cette arthrose. Le concept de base est de corriger la déviation axiale afin de transférer les charges sur le compartiment sain du genou dans le but d'améliorer les symptômes et de ralentir la progression de l'arthrose.

Il s'agit d'un concept ancien [1] mais les techniques se sont progressivement affinées avec le temps. Bien que la prothèse totale de genou soit une intervention fiable donnant de bons résultats sur le long terme, il existe toujours une incertitude en ce qui concerne la longévité de l'implant particulièrement chez les patients jeunes. Inversement, l'ostéotomie est une alternative conservatrice préservant l'intégrité du genou qui, si elle est bien réalisée, ne compromet pas la réalisation ultérieure d'une prothèse si cela est nécessaire.

L'ostéotomie du tibia proximal est un geste technique qui s'adresse à plusieurs pathologies, et correspond à différentes indications thérapeutiques : l'indication la plus fréquente en Europe, Afrique et en Asie est sans doute l'arthrose fémoro-tibiale ; cette indication dans l'arthrose a presque disparu aux États-Unis mais elle y persiste pour la correction d'un cal vicieux articulaire ou extra-articulaire, ou comme geste associé à une reconstruction ligamentaire [2, 3]. D'autres indications sont plus récentes comme l'association d'une ostéotomie à une allogreffe méniscale ou à une greffe cartilagineuse, ou comme geste associé à une arthroplastie.

L'ostéotomie de valgisation tibiale par addition interne (ouverture) OTVO ou par soustraction externe (fermeture) OTVF sont les deux traitements conservateurs de choix de la gonarthrose fémoro-tibiale interne sur genu varum. Malgré le bon nombre d'études disponibles, la

comparaison et la mutualisation des résultats est un défi en raison des différences systèmes et techniques d'évaluation utilisés. Cependant, de manière générale, les études publiées sur l'OTV font état de bons résultats à long terme avec une sélection correcte des patients et une technique chirurgicale précise. La revue de la littérature montre que les résultats se détériorent progressivement avec le temps. Néanmoins, certains problèmes doivent encore être résolus ; le choix entre l'ouverture ou la fermeture du coin tibial, la sélection du greffon dans les ostéotomies à coin d'ouverture, le type de fixation.

L'avantage majeur des ostéotomies de valgisation tibiale OTV réside dans le fait qu'il n'est pas implanté de matériel prothétique et que le capital osseux est préservé. L'inconvénient est de voir apparaître une dégradation arthrosique sur le compartiment opposé si la déformation est mal corrigée. De plus, les complications sont aussi plus fréquentes après OTVO qu'après OTVF.

Notre travail a pour objectif de :

1. Comparer les résultats cliniques et radiologiques des deux techniques chirurgicales.
2. Identifier les particularités, les difficultés et les limites de chaque technique.
3. Définir des indications propres pour chaque type d'ostéotomie, et établir un algorithme décisionnel.
4. Prouver l'efficacité ou non des ostéotomies de valgisation tibiale dans le traitement conservateur de gonarthrose sur genu varum.
5. Etablir le profil épidémiologique des malades opérés
6. Comparer nos résultats à ceux de la littérature

II. Définition de L'arthrose

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'*American Academy of Orthopaedic Surgeons* ont proposé une définition récente :

« L'arthrose est la résultante des phénomènes mécaniques et biologiques qui déstabilisent l'équilibre entre la synthèse et la dégradation du cartilage et de l'os sous-chondral. Ce déséquilibre peut être initié par de multiples facteurs : génétiques, de croissances, métaboliques et traumatiques. L'arthrose, en affectant toutes les structures, aboutit à la dénaturation progressive du cartilage articulaire, à une sclérose de l'os sous-chondral avec production d'ostéophytes et de kystes sous-chondraux. Quand elle devient symptomatique, l'arthrose entraîne douleurs et raideurs articulaires, et un éventuel épanchement articulaire avec des degrés variables d'inflammation locale ».

La définition la plus utilisée en recherche clinique et épidémiologique de l'arthrose du genou est celle radiographique basée sur le système de *Grading* (que l'on peut traduire par « grade » ou « score » ou encore « type ») établie par Kellgren et Lawrence [4]. Ce score repose essentiellement sur la présence et l'importance des ostéophytes ainsi que sur le degré de pincement de l'interligne articulaire. La sévérité radiographique est évaluée sur une échelle de 0 à 4 (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Score de la sévérité radiologique de la gonarthrose de Kellgren-Lawrence

Score 0	radiographie normale
Score 1	ostéophyte de signification douteuse
Score 2	ostéophyte net sans modification de l'interligne articulaire
Score 3	ostéophyte net et diminution de l'interligne articulaire
Score 4	pincement sévère de l'interligne articulaire et sclérose de l'os sous-chondral

III. Epidémiologie et prévalence de la gonarthrose

La prévalence globale de l'arthrose a augmenté aux Etats-Unis entre 1995 et 2005, touchant 21 à 27 millions d'adultes[4]. Cette augmentation est expliquée, outre par le vieillissement de la population, par la forte prévalence de l'obésité. Toujours aux Etats-Unis, une estimation alarmante provenant d'une population de Johnston (*Johnston County Osteoarthritis Project*) estime la prévalence de cette affection à 28% parmi les adultes âgés de 45 ans ou plus [5]

Le ratio coxarthrose/gonarthrose est d'environ **1/2** aux Etats-Unis [6], **1/3** en France [7], de **1/40** en Chine [8] et de **1/27 en Algérie** comme rapporté récemment par **S Slimani et coll** [9].

En Algérie, une prévalence de 21% pour la gonarthrose chez les femmes âgées de 50 ans ou plus. [10].

La gonarthrose représente approximativement 35% des localisations arthrosiques chez la femme et 21% chez l'homme [11]. Sa prévalence est élevée, surtout dans la population âgée et varie selon la définition retenue (clinique ou radiologique). En effet, lorsqu'elle est cliniquement décelable, la prévalence atteint 10% des femmes entre 55 et 64 ans, 15% entre 64 et 75 ans et dépasse 30% au-delà de 80 ans. En comparant ces chiffres avec ceux de la gonarthrose radiologique, la prévalence est encore plus élevée (20% de femmes atteintes après 65 ans).

La forte prévalence de la maladie s'explique encore par une atteinte multiple localisation au niveau du genou. Trois types de gonarthrose sont identifiés selon le compartiment touché. Il existe une atteinte fémoropatellaire représentant environ 35% des cas, une atteinte fémoro-tibiale médiale (ou interne) et une atteinte fémoro-tibiale latérale (ou externe) représentant à elles deux 45 à 50% des cas. D'autre part, ces localisations sont parfois intriquées (15 à 20% des cas) avec des atteintes bi- ou tri- compartimentales. Et dans deux tiers des cas, la gonarthrose est bilatérale [12].

IV. Histoire de l'ostéotomie autour du genou

a. Préhistoire :

Du grec *oste*, « os », et *tome*, « section », l'ostéotomie consiste en la section chirurgicale d'un os afin d'en modifier sa taille, sa forme ou l'axe du membre, dans un contexte de trouble constitutionnel ou acquis. L'idée de correction axiale trouve son origine chez Hippocrate (460–377 av. J.-C.). À cette époque, ces déformations étaient considérées comme « une punition des dieux » et traitées par le *Scammum Hippocratis* **Figure 1**.

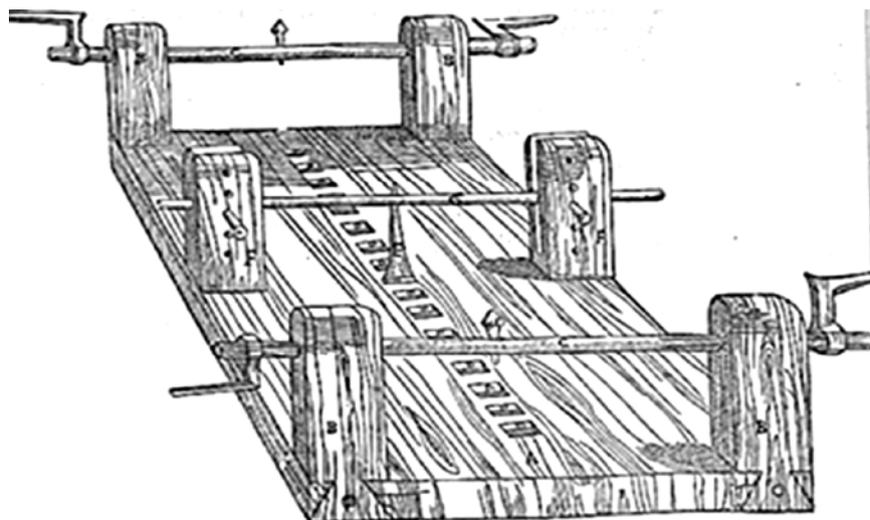


Figure 1 L'Hippocratis Scammum G. Guidi (éd.), Hippocrate [13]

Des premières ostéoclasies aux ostéotomies actuelles, le concept, les indications et la technique chirurgicale ont évolué. Un temps délaissé du fait de l'essor de l'arthroplastie, l'ostéotomie est aujourd'hui un outil indispensable dans l'arsenal thérapeutique du chirurgien orthopédiste.

b. Ère des pionniers : naissance de la technique

Les premières ostéotomies « chirurgicales » datent du XVI^e siècle. Leur objectif était de réaligner les troubles en varus, valgus, recurvatum ou flectum, pour un meilleur résultat fonctionnel. La technique consistait en une ostéoclasie suivie d'une immobilisation en position recherchée [13]. La plus ancienne publication sur le sujet nous est rapportée par Rhea Barton (1794–1871)

Figure 2. Il décrit un cas d'ostéotomie supracondylienne de soustraction antérieure réalisée le 27 mai 1835, pour le traitement d'une ankylose en flectum du genou (figure 3) [14].

Cependant cette chirurgie est pourvoyeuse de fréquentes complications, notamment l'infection. Pour y remédier, Bernhard von Langenbeck (1810–1887) a développé une procédure percutanée dont il expose le premier cas autour du genou en 1852 [15].



Figure 2 Rhea Barton (1794–1871)[14] **Figure 3** : Ostéotomie supracondylienne[14]

c. Temps modernes : le progrès au service de l'ostéotomie

Grâce aux recherches de Joseph Lister (1827–1912) sur l'asepsie en chirurgie en 1867, les résultats postopératoires connaissent une amélioration considérable. Les premiers cas d'ostéotomies aseptiques ont été rapportés par Richard von Volkmann (1830–1889), en Allemagne, avec de bons résultats. L'intervention se démocratise et sir William MacEwen (1864–1924) publie une série de 1 800 ostéotomies autour du genou [16] Figure 4.

Quelques années plus tard, en 1895, Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) réalise la première radiographie. L'utilisation des rayons X dans le domaine médical permet une planification et un contrôle des pratiques [17]. Jackson, en 1961, décrit la première série d'ostéotomies autour du genou avec une évaluation radiologique de la déformation pré- et postopératoire et un suivi de la consolidation osseuse[18].

L'ostéotomie tire profit des travaux de Lane (1895) et de Lambotte (1909) portant sur le développement du matériel d'ostéosynthèse dans le traitement des fractures[19]. Le foyer d'ostéotomie est ainsi stabilisé de manière plus efficace : fixation par vis dans un premier cas décrit par Brett en 1934 [18], stabilisation par agrafes pour Coventry en 1965[1]. Il faut attendre 1988 et Healy pour voir les premières lames-plaques, notamment utilisées pour les ostéotomies fémorales. Les plaques de Puddu (1990) ont apporté un bénéfice sur la stabilité devant une recrudescence des ostéotomies du tibia proximal par ouverture interne (6). L'avènement des plaques verrouillées, augmentant la rigidité des montages, a permis un appui plus précoce au cours des années 2000 [20].

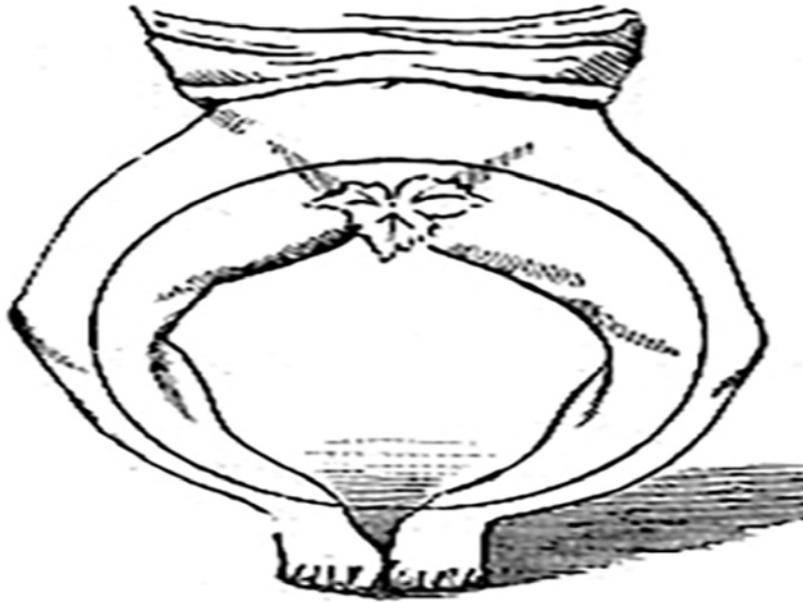


Figure 4 . Double genu varum décrit par MacEwen[16]

d. La guerre froide entre ostéotomie et arthroplastie dans le traitement de l'arthrose :

Il faut attendre les années 1940 pour que le concept de l'ostéotomie évolue vers un traitement de la douleur dans l'arthrose unicompartimentale . Le but est de soulager en modifiant l'axe du membre afin de décharger le compartiment atteint. Brittain décrit en 1948 une ostéotomie fémorale distale d'ouverture externe pour le traitement de patients avec une arthrose du compartiment fémoro-tibiale latéral . En 1962, Wardle rapporte une série de 35 ostéotomies proximales du tibia pour traiter l'arthrose du genou à déformation en varus et retrouve une diminution de la douleur dans 100 % des cas. Il discute l'idée de substituer le plâtre par du matériel d'ostéosynthèse, cependant il n'en voit pas l'intérêt car les synthèses à cette époque ne permettent pas un appui ou une mobilisation plus précoce [21]. Pour augmenter la stabilité primaire, Gariépy a pratiqué une ostéotomie proximale du tibia et du péroné par fermeture externe, dont le premier cas est décrit en 1964 . Dans les années 1970, l'arthroplastie totale de genou connaît un essor avec notamment la prothèse « Total Condylar Knee » d'Insall (1974) . Les résultats sont plus reproductibles, la récupération plus rapide et la mise en charge précoce. De ce fait, la majorité des chirurgiens se désintéresse de l'ostéotomie. Néanmoins, certains continuent de la pratiquer et en améliorent la planification. Les travaux de Fujisawa en 1979 définissent un objectif de correction optimale dans la prise en charge des genu varum. En 1987, Hernigou détermine un algorithme calculant la taille du coin d'ostéotomie à réaliser en fonction du degré de correction recherché. Miniaci, en 1989, apporte la définition de l'axe normal du fémur, du tibia et du membre inférieur à partir de clichés télémétriques. Paley, en 2002 [22], va définir le centre de rotation de l'angulation (CORA) permettant de déterminer avec précision le site, l'ampleur et la direction de la correction. Ces avancées sur l'analyse préopératoire des déformations et sur les principes de corrections chirurgicales permettent à Lobenhoffer en 2009 d'affiner les indications d'ostéotomie [23].

e. Printemps de l'ostéotomie : nouvelles perspectives

Grâce à des indications plus précises, une technique devenue reproductible, et aux suites grandement améliorées, cette technique connaît une nouvelle jeunesse. Plusieurs éléments ont permis son évolution, pour rentrer dans une ère moderne. Les études réalisées sur la planification ont permis de mieux comprendre la déformation et de pouvoir ainsi la corriger. L'idée est de prendre en compte la déformation anatomique préexistante pour traiter une déformation globale aggravée par l'usure. Dans cette analyse, l'obliquité de l'interligne est intégrée, nécessitant la réalisation d'ostéotomies à deux niveaux dans un nombre croissant de cas[24]. Avec l'utilisation d'aides techniques, des résultats prometteurs sont retrouvés comme avec la chirurgie assistée par ordinateur (CAO) utilisée par D. Saragaglia [18], ou encore avec les guides de coupe sur mesure (PSI) étudiées par S. Paratte [25]. Ces aides ont permis de gagner en précision, d'améliorer le geste et de mieux comprendre la correction réalisée. L'évolution du matériel utilisée a permis l'autorisation d'un appui libre en postopératoire immédiat sans restriction sur les mobilités.

L'ostéotomie peut être utilisée dans d'autres indications. Elle peut être en complément d'une chirurgie ligamentaire (dans le traitement de l'instabilité) ou à une greffe cartilagineuse [26]. Ces nouvelles indications poursuivent l'écriture de l'Histoire de l'ostéotomie (Figure 5) [27].

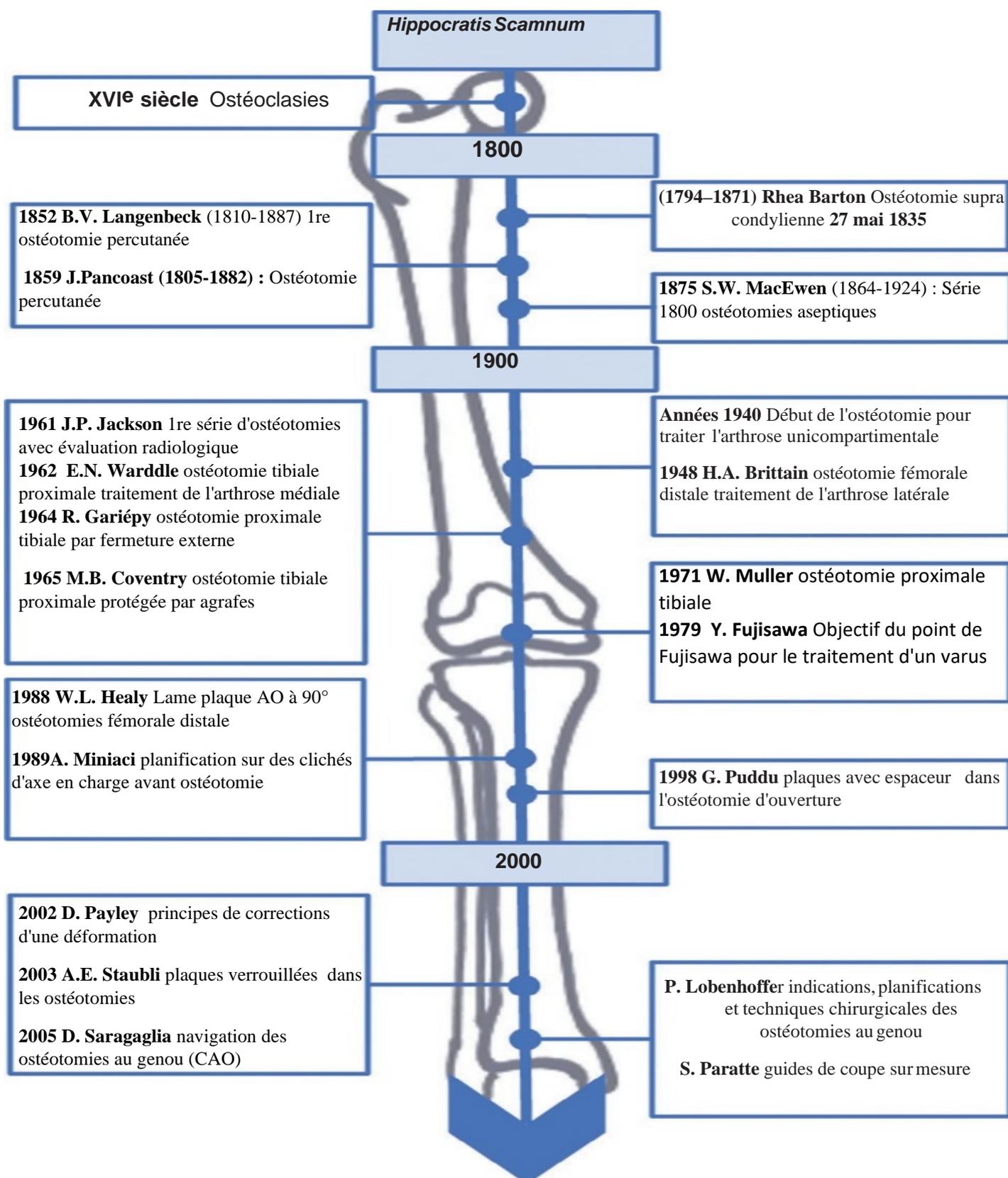


Figure 5 : Prise chronologique : L'histoire de l'ostéotomie [27]

V. ANATOMIE

A. Le cartilage

Le cartilage forme la maquette du squelette, c'est un tissu non vascularisé, hypoxique et non innervé. Constitué d'une matrice glucido-protidique formée de collagènes et protéoglycanes emprisonnant des molécules d'eau dont la masse correspond à environ 70 % du poids et d'un seul type cellulaire : le chondrocyte.

Il sera remplacé par de l'os et notamment au niveau des diaphyses où il ne va persister qu'au niveau de leurs extrémités. Les noyaux d'ossification vont diviser ce cartilage en cartilage de croissance ou conjugaison et en cartilage articulaire.

Dans le cartilage, différentes zones peuvent être observées en microscopie optique à lumière polarisée ou en microscopie électronique. Dans la zone superficielle, les fibres de collagène sont parallèles à la surface articulaire et les chondrocytes sont aplatis avec leur grand axe également parallèle à la surface.

La quantité de protéoglycanes est très faible. La zone de transition est caractérisée par des faisceaux radiaux de fibres de collagène épaisses et de chondrocytes plus sphériques suivis de la zone radiale dans laquelle les faisceaux de collagène sont les plus épais. Ils sont disposés de manière radiale et les chondrocytes sont arrondis et regroupés en colonnes disposées radialement. Ces deux couches de la zone médiane sont les plus bioactives, ce qui est corrélé à une quantité élevée de protéoglycanes. La zone cartilagineuse immédiatement adjacente à la plaque osseuse présente une matrice calcifiée délimitée des zones supérieures par une interface lisse connue sous le nom de repère dans la coloration à l'hématoxyline et à l'éosine (H&E) **Figure 6** [28]. L'aspect profond de cette zone forme une structure complexe interdigitée avec l'os

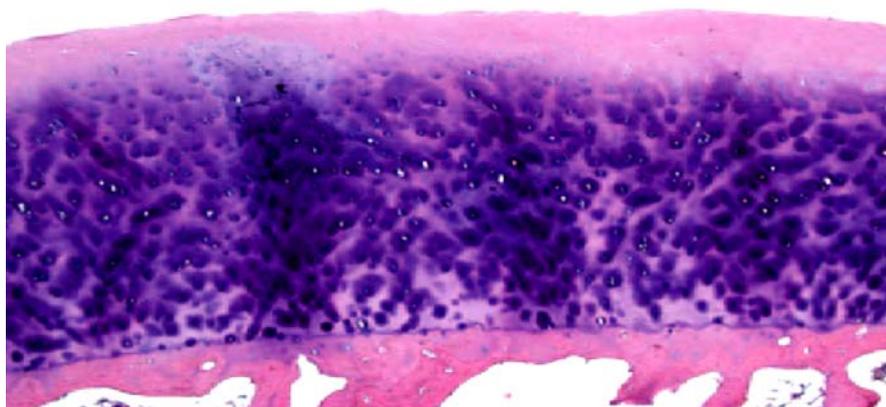


Figure 6 : Cartilage régulier de l'articulation de la hanche de 3 mm d'épaisseur. H&E, $\times 100$

Histopathologie du cartilage articulaire dans l'arthrose

L'arthrose est initialement caractérisée par un pincement du cartilage. Biochimiquement, le réseau de fibres de collagène est altéré avec une diminution des protéoglycanes et l'augmentation de la teneur en eau de la matrice. La réduction des protéoglycanes déséquilibre la balance entre la pression interne dépendante de ceux-ci et la tension exercée par le collagène de type II. Le cartilage répond ainsi moins bien aux contraintes mécaniques et finit par voir s'altérer l'orientation des fibres de collagène (figure6). En réaction à ces anomalies, une forme de cicatrice granulaire, dite par abus de langage «pannus», composé essentiellement de fibroblastes et de collagène de type I, survient en périphérie du cartilage pour combler et réparer les fissures de ceci (Figure 7). Enfin, avec la perte complète du cartilage, l'os est dénudé et subit des contraintes de friction lors du mouvement articulaire. Un autre signe majeur d'arthrose est l'ostéophyte. L'atteinte de la synoviale est très précoce dans l'arthrose. Une des caractéristiques de l'arthrose sévère est la « synovite dendritique », caractérisée par de petits fragments de cartilage et d'os à l'intérieur du stroma synovial avec à l'histologie une simple réaction macrophagique, sans véritable processus inflammatoire. **Figure 7, Figure 8.** [29]

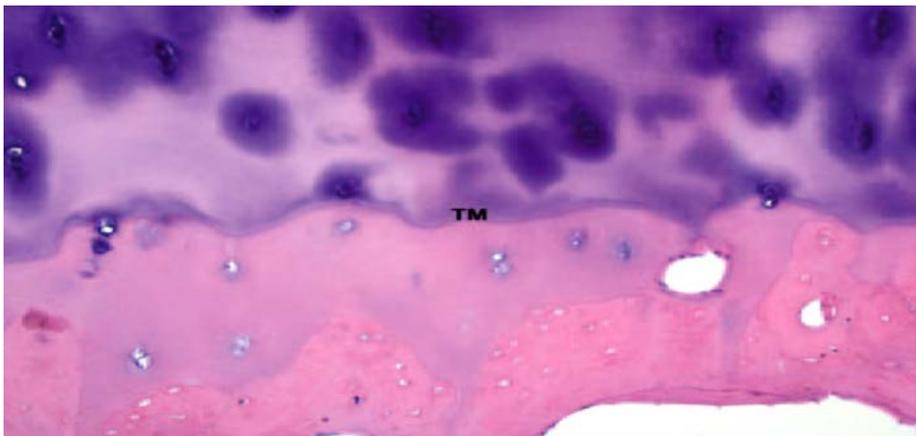


Figure 7 : La zone matricielle cartilagineuse calcifiée des zones supérieures.

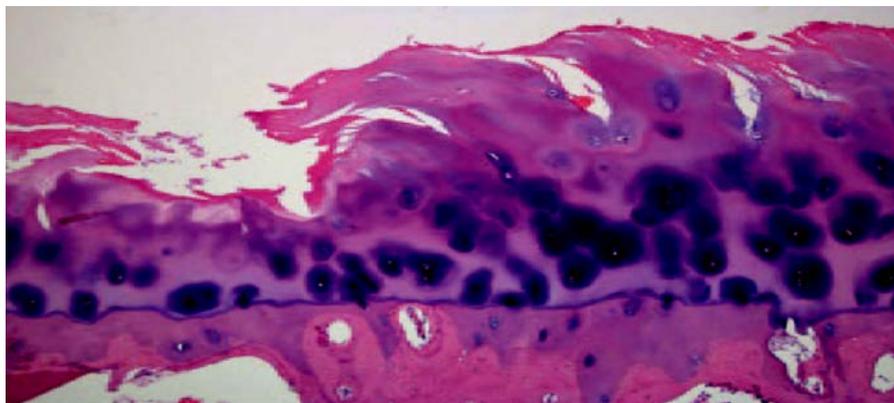


Figure 8 : Fissures profondes et perte sévère de cartilage. H&E, ×200

B. Description anatomique générale

Le genou est une double articulation trochléenne "fémoropatellaire" et bicondylienne "fémoro-tibiale", elle possède deux degrés de liberté. Dans le plan sagittal : la flexion extension selon un axe transversal. Dans un plan horizontal : la rotation selon un axe vertical tibial.

Ces deux mouvements simples en apparence, sont conditionnés par la forme des surfaces articulaires (fémorale inférieure, rotulienne, tibiale supérieure) et par les liens qui les unissent ; passifs (capsule, ligaments, ménisques) et actifs (les muscles et leurs tendons)(**Figure 9**).

Le tibia proximal comporte trois faces : médiale, latérale et postérieure. Au niveau de son bord antérieur, le relief de la tubérosité tibiale donne insertion au ligament patellaire. Au niveau de sa face latérale, il présente le tubercule infra-condyloire latéral (décrit par Gerdy). À sa face postérieure et distalement se trouve la ligne d'insertion de l'arcade du muscle soléaire. La fibula proximale comprend une tête (avec son apex) et un col[30]

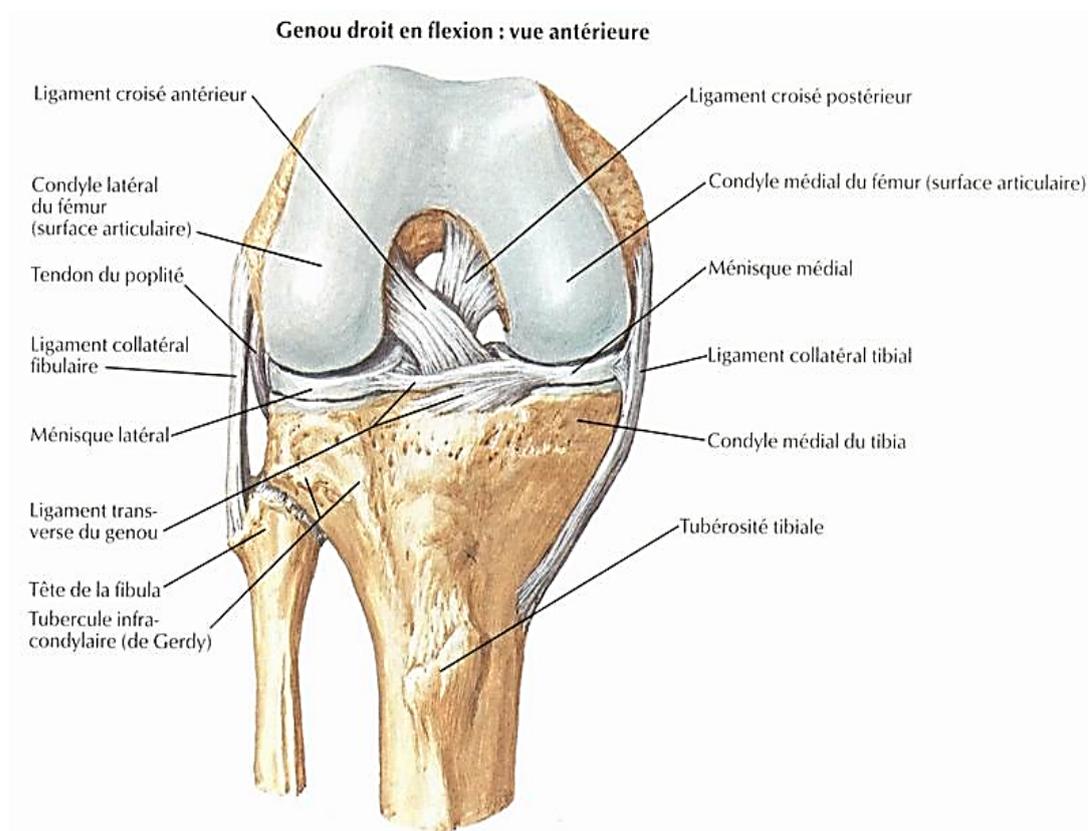


Figure 9 : Vue antérieure du genou[39].

L'artère géniculée inféro-médiale naît de l'artère poplitée, elle chemine sous l'insertion tibiale du muscle semi-membraneux, au-dessus de l'insertion tibiale du muscle poplité entre la capsule postéro-médiale et le chef médial du muscle gastrocnémien. Face postérieure : Le muscle poplité s'insère par son ventre à la face postérieure du tibia **Figure 10**. Elle est séparée de la face postérieure du tibia par la présence du muscle poplité[31]. Les variations anatomiques de l'artère poplitée ont été classées par Kim et al [32]. Face latérale L'artère tibiale antérieure naît de l'artère poplitée[33]. Elle peut se situer en avant de l'insertion tibiale du muscle Poplité, en cas d'origine haute, dans 2 % des cas [34]. Elle se dirige vers le foramen interosseux en passant entre les 2 chefs du muscle tibial

postérieur.[35]. Elle traverse le foramen en passant sous le ligament de Barkow et descend le long de la membrane interosseuse dans la loge antérieure de la jambe [30, 36].

L'artère récurrente tibiale antérieure naît de l'artère tibiale antérieure, environ 8 cm sous l'interligne articulaire. L'artère géiculée inféro-latérale naît de l'artère poplitée. Elle chemine entre la capsule postérolatérale et le chef latéral du muscle gastrocnémien[37, 38].

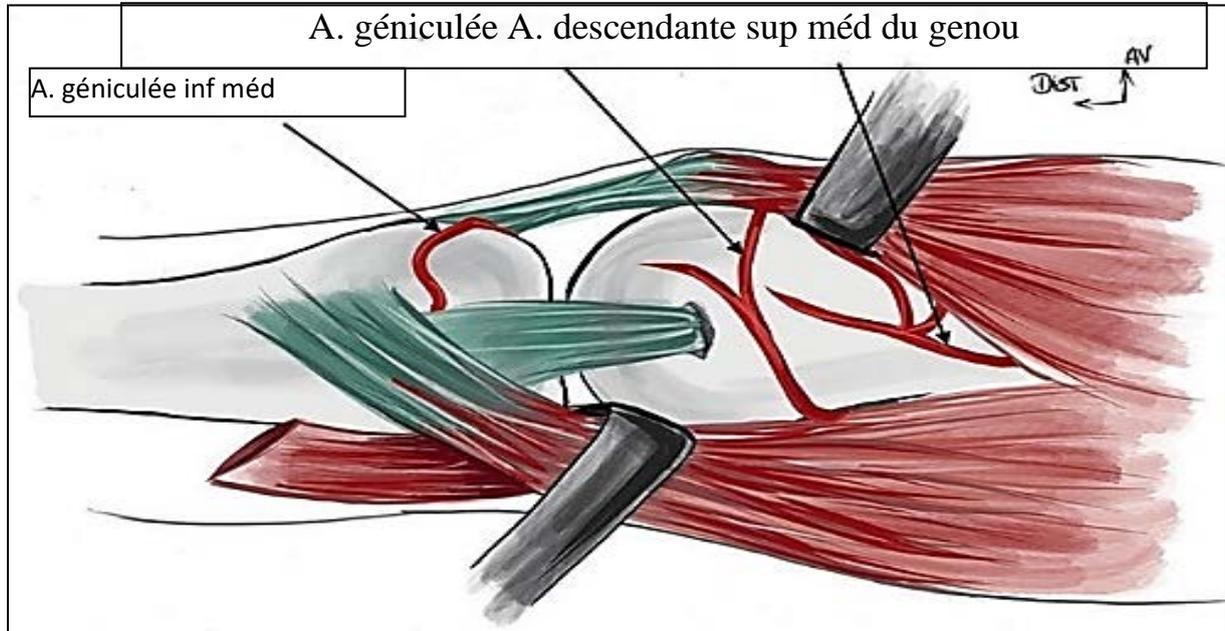


Figure 10 : Vue médiale du genou Le muscle vaste médial est récliné, ainsi que les muscles de la patte-d'oie[31].

1). Surfaces articulaires

1.1. L'articulation fémoro-tibiale comprend

a) **L'extrémité inférieure du fémur** ; La surface articulaire de l'extrémité inférieure du fémur présente la trochlée en avant, les surfaces condyliennes en arrière, séparées par les rainures condylotrochléennes **Figure 11**. Pour rappel : le versant externe de la trochlée est plus large, plus étendu, plus saillant en avant que l'interne et que des deux condyles. L'interne est plus fortement déjeté en dedans et il est plus étroit et plus long que l'externe. Les deux surfaces condyliennes dessinent une courbe spirale dont le rayon diminue d'avant en arrière.

Le fémur distal présente 3 faces : médiale, latérale et antérieure. Son bord postérieur, qui est le siège d'insertions musculaires, se bifurque pour former la surface poplitée du fémur.

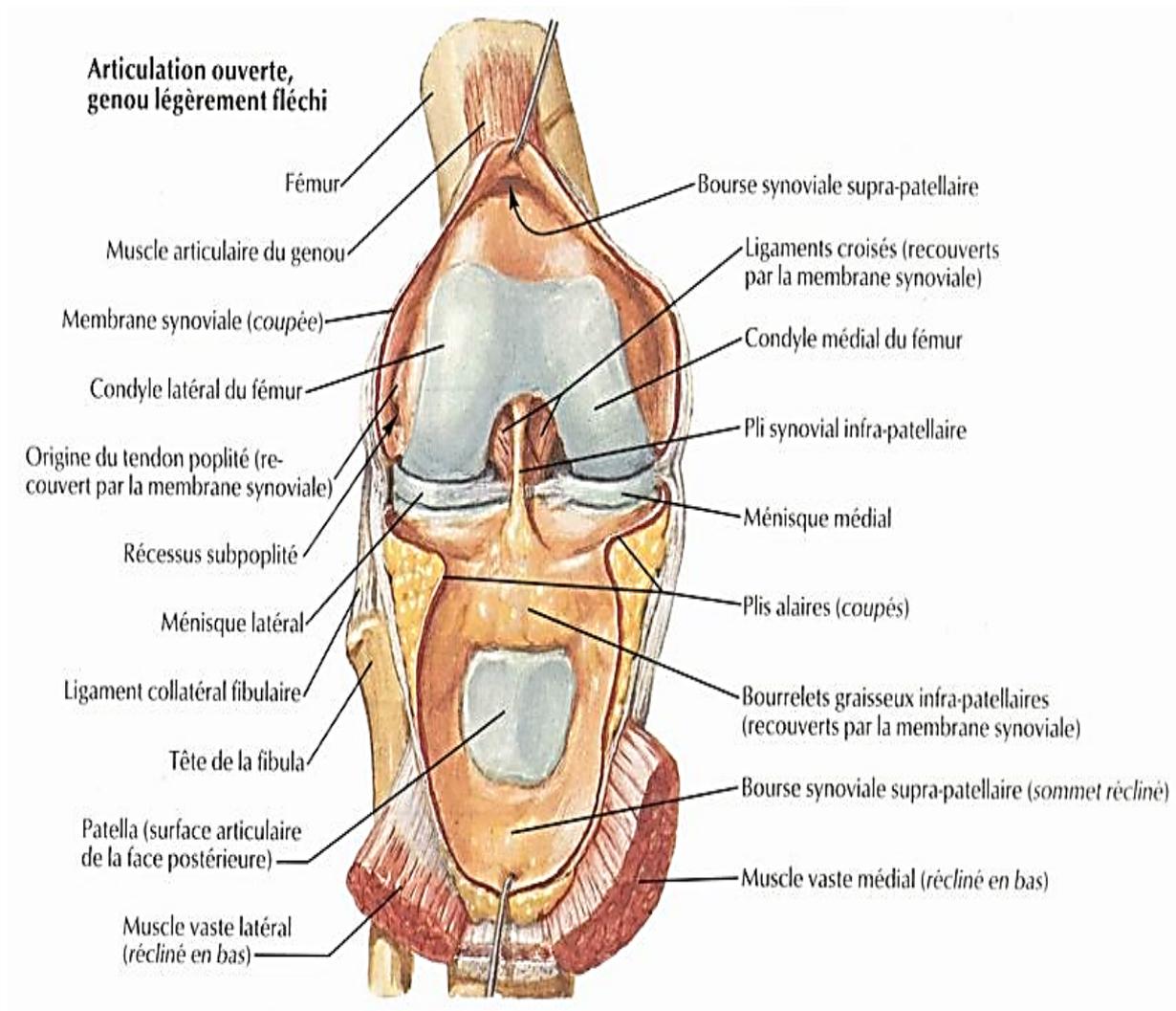


Figure 11 : Extrémité inférieure du fémur[39].

Face antérieure

Les chefs du muscle quadriceps fémoral se terminent en formant le tendon quadricipital qui s'insère sur la base de la patella. Les artères géniculées supérieures s'anastomosent avec le rameau descendant de l'artère circonflexe latérale.

Face médiale

L'artère fémorale croise le bord antérieur du fémur à 33 cm, sa partie médiale à 27 cm et son bord postérieur à 22 cm par rapport à l'interligne du genou. L'artère descendante du genou naît de la face médiale de l'artère fémorale juste avant son passage au travers du hiatus du grand adducteur, à environ 13 cm de l'interligne du genou. Elle se divise en ses 3 branches terminales : musculaire, articulaire et saphène.[39] L'artère géniculée supéro-latérale Figure 12 naît de l'artère poplitée, 6 cm au-dessus de l'interligne. Elle donne l'artère transversale latérale qui se situe au niveau du site d'ostéotomie fémorale latérale. Cette branche transversale s'anastomose avec la branche transversale de l'artère articulaire, branche terminale de l'artère descendante du genou.[30]

Pour le chirurgien pratiquant des ostéotomies autour du genou, la connaissance de l'anatomie

vasculaire est essentielle afin d'appréhender les risques inhérents à l'utilisation d'outils tranchants, sans contrôle visuel direct, dans la zone opposée à la voie d'abord. Le risque nerveux est surtout marqué par la présence du nerf fibulaire commun en cas d'ostéotomie de la fibula associée.

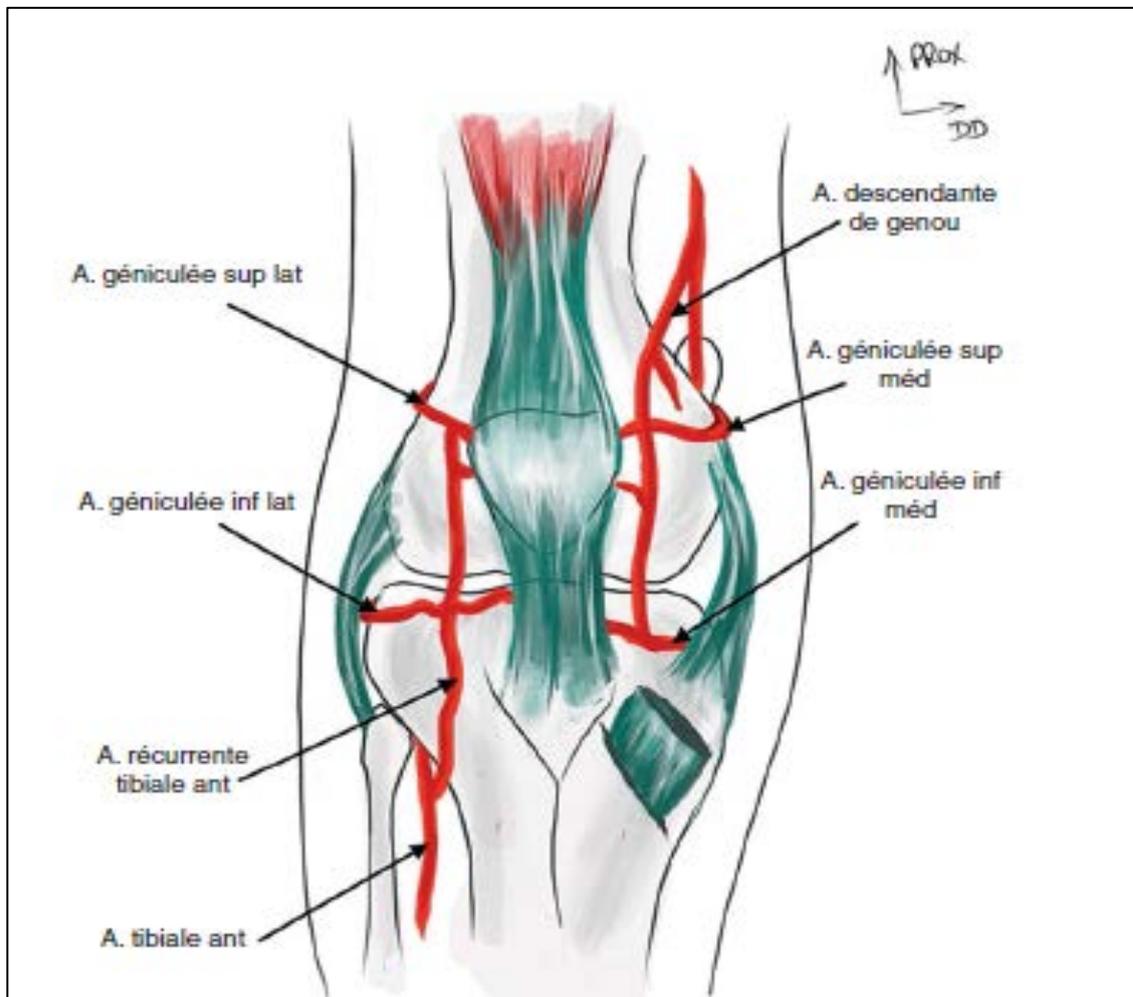


Figure 12 : Cercle artériel anastomotique péri-patellaire[30]

b) L'extrémité supérieure du tibia

Elle s'oppose aux surfaces articulaires condyliennes du fémur avec les cavités glénoïdes tibiales [40]. La cavité glénoïde interne est plus concave, plus longue et moins large que l'externe.

Les cavités glénoïdiennes sont parmi les surfaces articulaires où le cartilage de revêtement atteint sa plus grande épaisseur. Elle atteint 3 à 4 mm sur l'interne et jusqu'à 6 à 7 mm sur l'externe. Elle est plus importante au centre qu'en périphérie. **Figure 13**

La concavité de la cavité glénoïde interne est diminuée, la cavité glénoïde externe est nettement convexe d'avant en arrière.

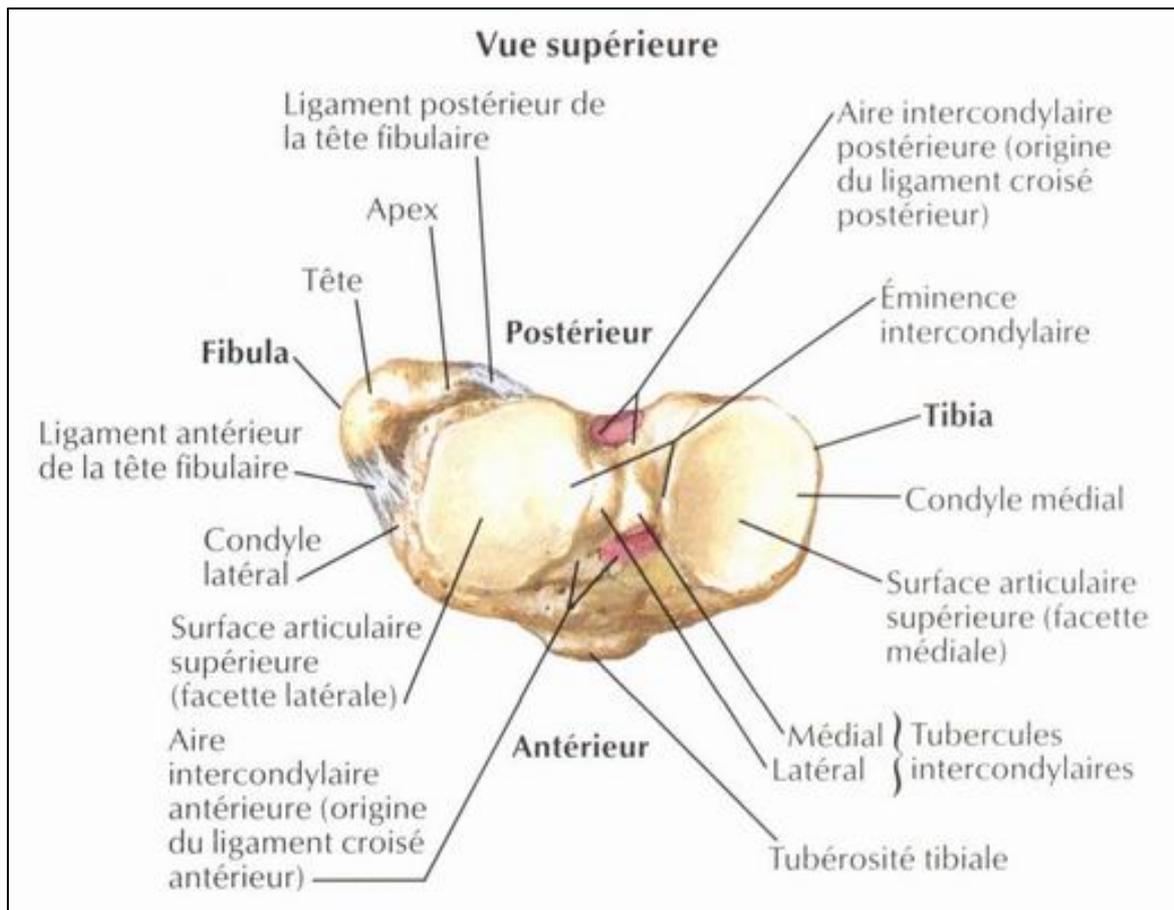


Figure 13 : plateaux tibiaux [41].

1.2 Les ménisques interarticulaires

Ainsi disposées, les cavités glénoïdes ne s'adaptent pas aux condyles fémoraux. La concordance est obtenue par l'interposition, entre le tibia et le fémur, de ménisques interarticulaires ou fibrocartilages semi-lunaires **Figure 14**. Comme les cavités glénoïdes, ils se distinguent en externe et interne, chacun d'eux est une lame prismatique triangulaire recourbée en forme de croissant. **Figure 15** Les ménisques contractent beaucoup d'insertions et de connexions :

- ménisco-capsulaire, inter méniscales antérieures par le ligament jugal ou transversal, ménisco-tibiales : chaque corne se fixe à sa surface spinale, méniscorotulien : par les ailerons, méniscoligamentaires, méniscotendineux : qui sont des renforcements capsulaires postérieurs.

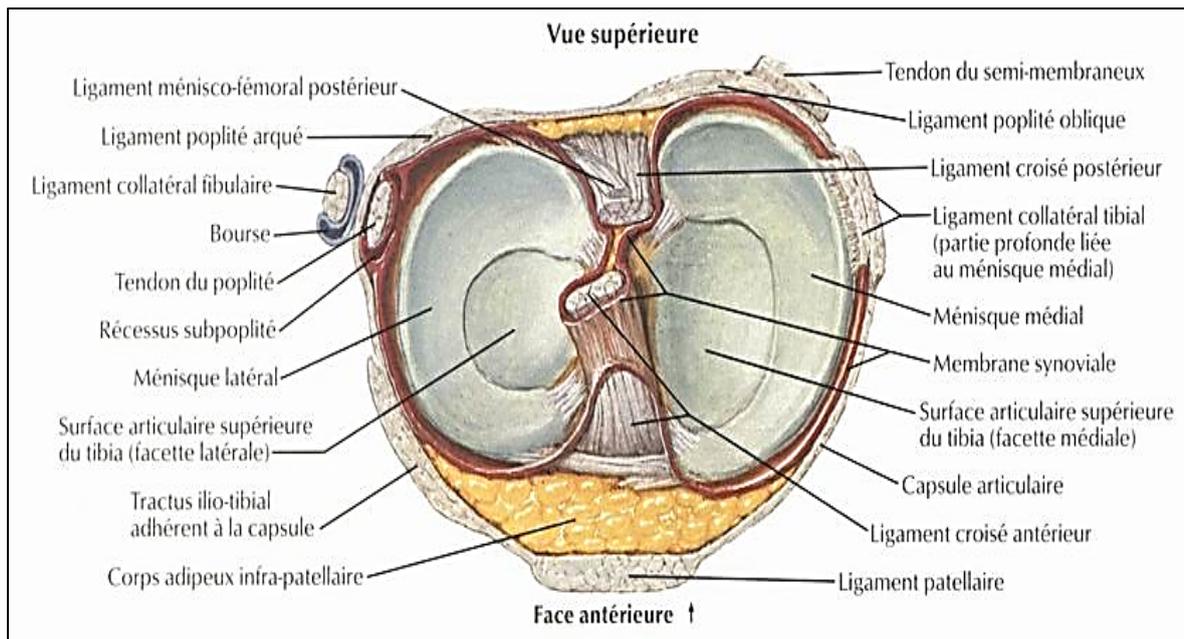


Figure 14 Les ménisques interarticulaires[41].

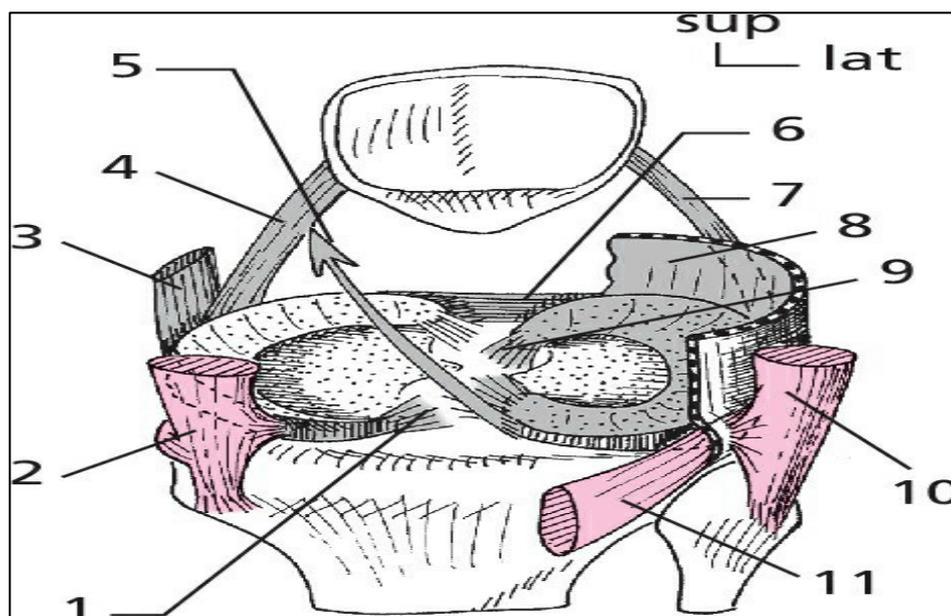


Figure 15 : Attache méniscales[42, 43] :Frein postérieur du ménisque médial (1), tendon du semimembraneux (2), LCT (3), ligament ménisco- patellaire médial (4), ligament ménisco-fémoral (postérieur) (5), ligament jugal (interméniscal) (6), ligament ménisco-patellaire latéral (7), capsule (8), frein antérieur du ménisque latéral (9), tendon du biceps (10), tendon du poplité (11).

1.3 L'articulation fémoropatellaire

a. La trochlée fémorale

Elle présente une surface superposable à celle de la rotule; elle est constituée de deux joues dont l'externe est plus relevée que l'interne de 07 millimètres; la trochlée se poursuit en bas par les condyles, dont la jonction est marquée par les crêtes inter-condylo-trochléennes, l'interne plus saillante peut être la cause d'accrochage rotulien **Figure 16**.

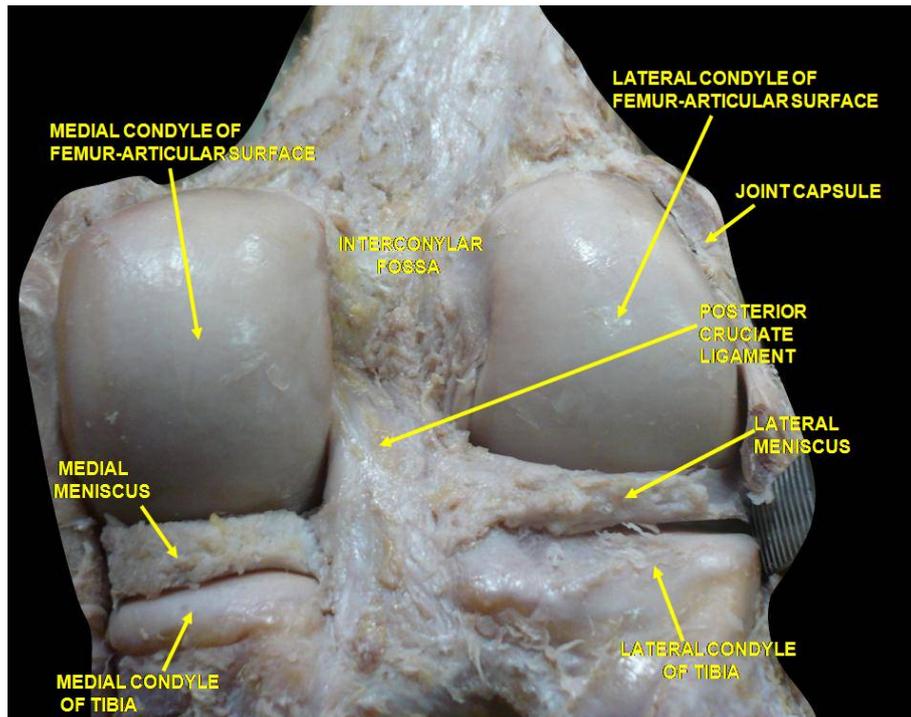


Figure 16 : Extrémité inférieure du fémur [40].

b. La rotule

Elle entre en contact avec la trochlée fémorale par une surface articulaire qui occupe les 3/4 supérieurs de sa face postérieure. Cette surface articulaire recouverte d'une épaisse couche de cartilage, le plus épais de l'organisme, présente une crête mousse verticale en rapport avec la gorge de la trochlée et deux facettes latérales concaves qui s'opposent au versant de la trochlée fémorale **Figure 17**.

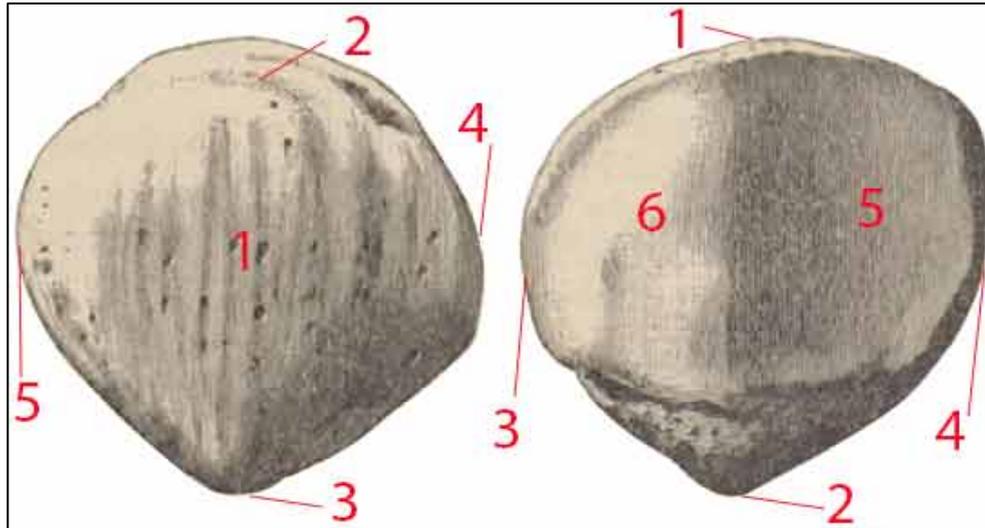


Figure 17 : Articulation fémoro-patellaire[40] . A gauche, Rotule droite, face antérieure
 1. face antérieure, 2. bord supérieur ou base, 3. sommet, 4. bord interne, 5. bord externe
 A droite, Rotule droite, face postérieure
 1. base, 2. sommet, 3. bord interne, 4. bord externe,
 5. facette externe plus grande que l'interne, 6. facette interne

2). Moyens d'union

- **Capsule articulaire**

Gaine fibreuse qui s'étend de l'extrémité inférieure du fémur à l'extrémité supérieure du tibia, sa face profonde est tapissée par la synoviale.

- **Ligaments** : les ligaments qui renforcent la capsule articulaire sont :

1. Ligaments antérieurs en avant de la capsule, disposée en trois plans :

plan profond : comprend des ligaments qui peuvent être considérés comme des épaisissements de la capsule : ailerons rotuliens, ligaments ménisco-rotulien;

plan moyen : tendineux, formé par des tendons ou expansions tendineuses des muscles voisins : tendon du ligament rotulien, expansion tendineuse du quadriceps, expansion du tenseur du fascia lata.

plan superficiel : aponévrotique, constitué par la partie correspondante de l'aponévrose superficielle.

2. Ligament collatéral médial (LCM)

Va du tubercule condylien interne à la face antéro-interne du tibia, juste en arrière de l'insertion de la patte d'oie, oblique en bas et en avant. Il est composé de deux faisceaux: (**Figure 18-A**)

- L'un superficiel et antérieur distinct de la capsule.
- L'autre profond et postérieur, confondu avec la capsule et comme elle, adhérent à la ménisque interne pour former par son bord postérieur le PAPI.
-

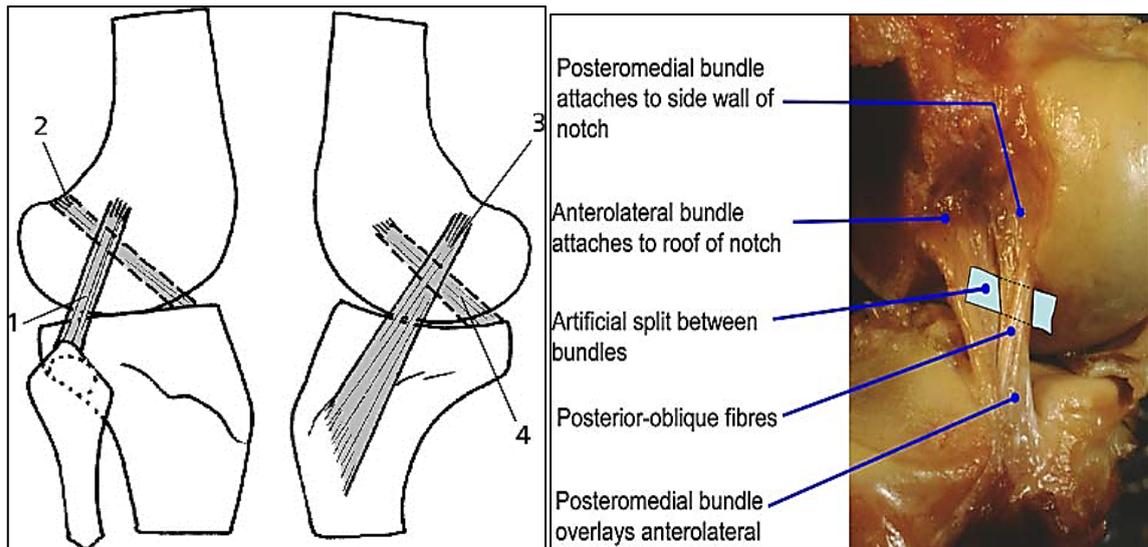


Figure 18-A Ligaments croisés et collatéraux sont croisés entre eux[42].

3.Ligament collatéral latéral (LCL)

Va de la tubérosité du condyle externe (au-dessus de l'insertion du poplité et en dessous de celle du jumeau externe), a la partie supérieure de la tête du péroné, distinct de la capsule, il ne comprend qu'un faisceau, oblique en bas et en arrière, sa direction de profil,est croisée avec celle du LCM. (*Figure 18-B*)

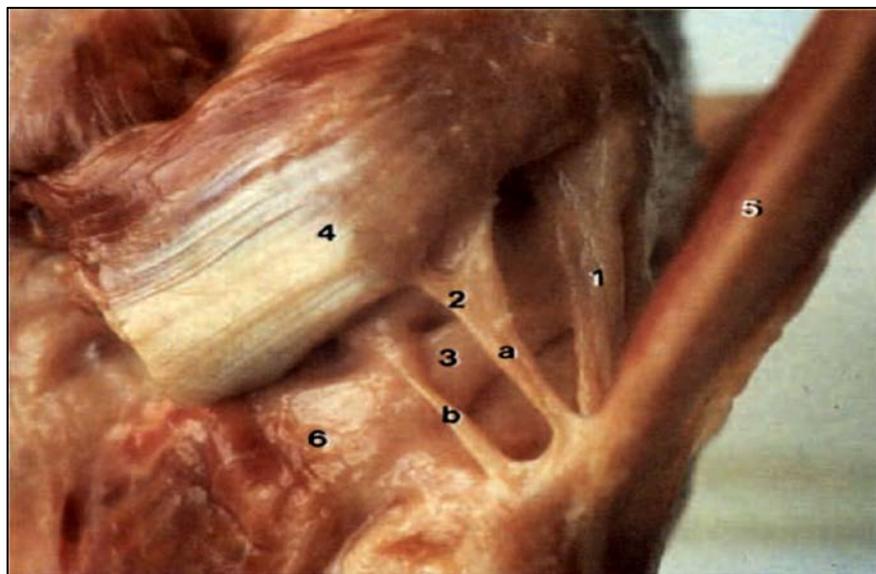


Figure 18.B Vue postérolatérale de ligament LCL (1), le ligament poplité arqué (2) avec son expansions latérales (a) et postérieures (b), tendon du poplité muscle (3), chef latéral du gastrocnémien (4), muscle biceps fémoral (5), jonction du tendon poplité (6) .[42]

4. Ligaments croisés

a). **Ligament croisé antéro-externe (LCAE)** : Son insertion tibiale est de grosse taille, alors que son insertion fémorale est étroite. Le ligament est oblique en arrière et en dehors. Ainsi de face, il est oblique en haut et en dehors et de profil, il est oblique en haut et en arrière (**Figure 19**). On lui décrit trois faisceaux : antéro-interne, postéro-externe et intermédiaire. De face sur un genou droit, le LCAE décrit une torsion antihoraire d'avant en arrière.[44]

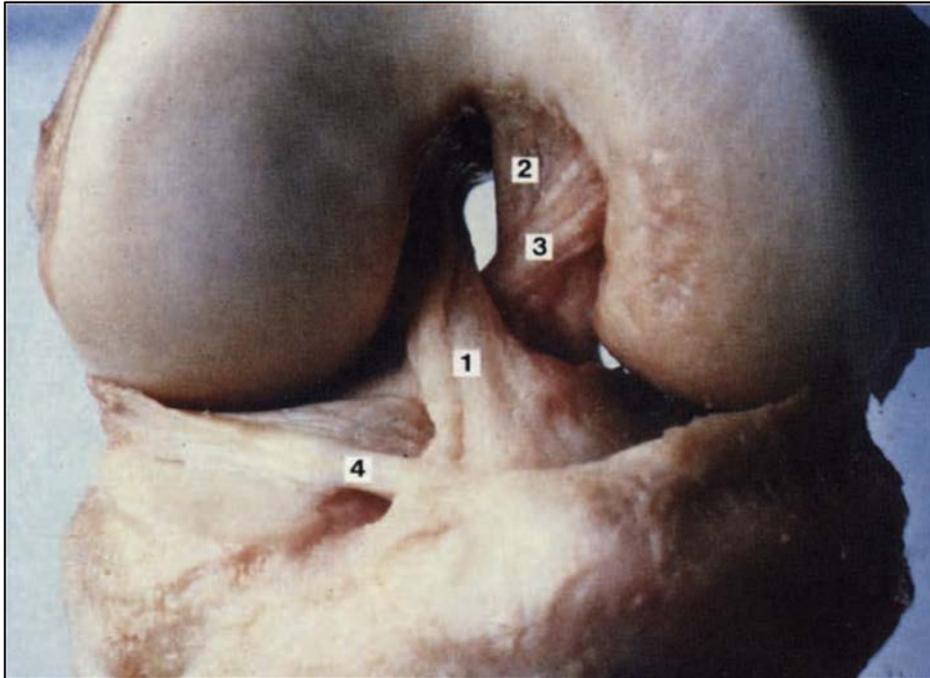


Figure 19 Croisement des LCA et LCP dans les plans sagittal et frontal LCA (1), LCP (2), ligament ménisco-fémoral (3), ligament transversal (4). [42]

b). **Ligament croisé postéro-interne (LCPI)**

Le ligament croisé postérieur naît de la surface rétro spinale en arrière des insertions des fibrocartilages externe et interne. Son attache se prolonge en bas et en arrière sur la partie supérieure de la dépression verticale qui fait suite à la surface rétro spinale(**Figure 20**).

Le LCPI est également vrillé sur lui-même. On lui décrit deux faisceaux principaux et deux accessoires, le faisceau postéro-externe, le faisceau antéro-interne, le faisceau ménisco-fémoral de Wrisberg et le faisceau antérieur de Humphrey (inconstant).

Les ligaments croisés s'entre croisent à la fois dans le sens antéropostérieur et dans le sens transversal (**Figure 21**). Le ligament antérieur est antérieur en bas, externe en haut (LCAE). Le ligament postérieur est postérieur en bas, interne en haut (LCPI).

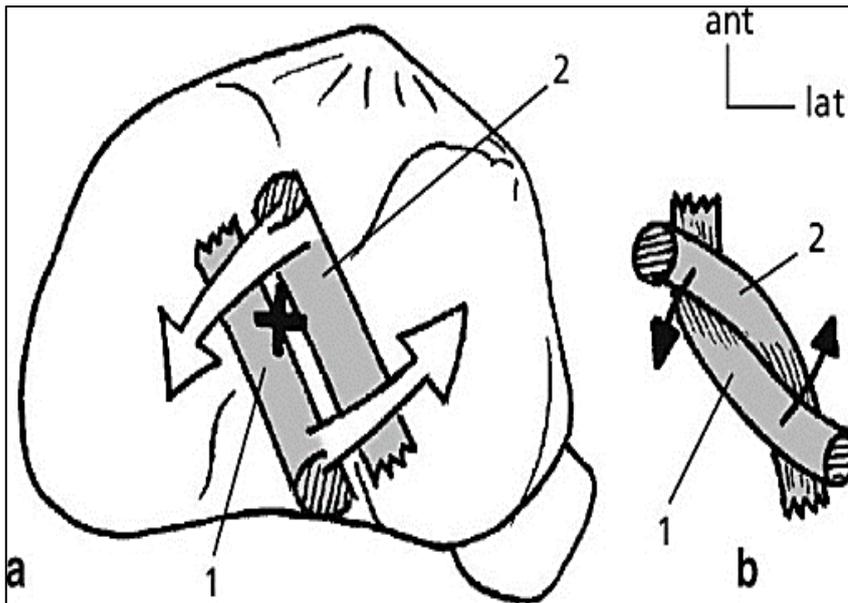


Figure 20 : Position des ligaments croisés, LCP (1) et LCA (2), dans le plan transversal, en position neutre (a) et en rotation médiale (b). [43]

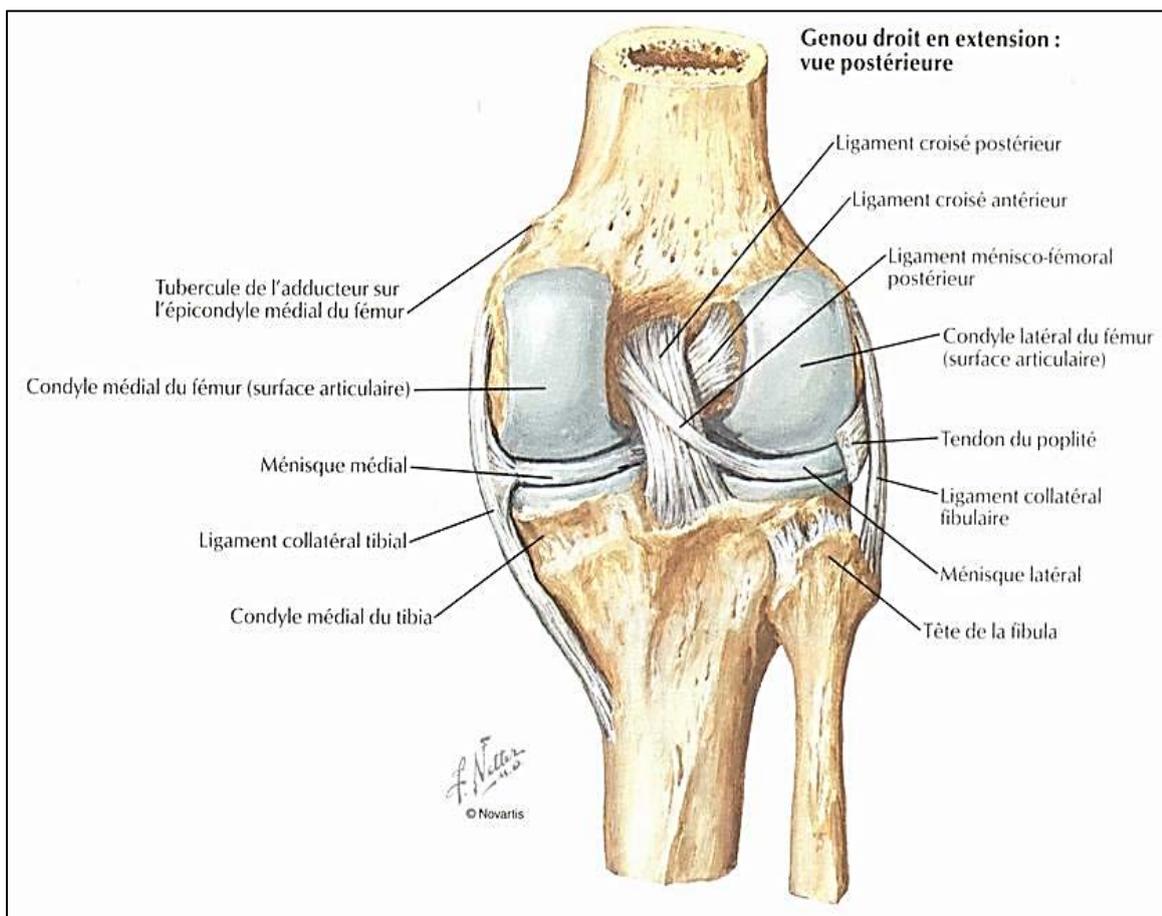


Figure 21 : Les ligaments croisés. F Netter

3). Nerfs :

Le nerf sciatique se divise en deux branches au niveau de l'apex du creux poplité : (**Figure 22**)

- **Le nerf tibial** : qui passe au niveau bord postérolatéral de la veine poplitée. Ses branches innervent les muscles de la partie compartiment postérieure de la jambe. Ses branches articulaires innervent la capsule postérieure. [45]

- **Le péronier commun** : qui s'étend entre le tendon du biceps fémoral et l'insertion fémoral du gastrocnémien latéral. Il rejoint la partie postérieure de la tête de la fibula et latéralement autour du col de la fibula, et puis il se divise en nerf péronier profond (innervant les muscles de la loge antérieure de la jambe) et nerf péronier superficiel.

Le nerf fémoral, qui alimente les quatre parties du muscle quadriceps, se divise en plusieurs branches (y compris le nerf saphène), constituant l'innervation de la capsule antérieure et des ménisques.

La peau antérieure et antéromédiale du genou est innervée par les branches du nerf fémoral, tandis que la peau postérieure est innervée par la branche du nerf sciatique

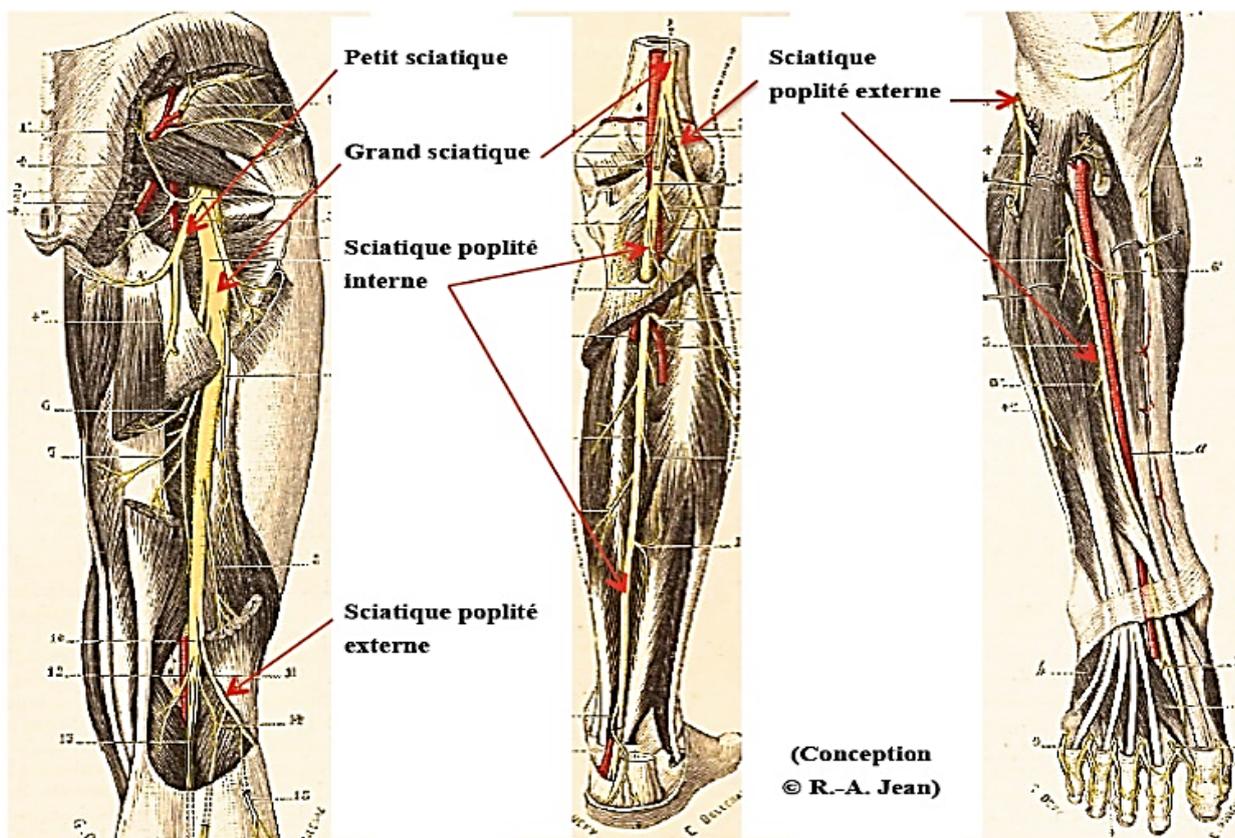


Fig. 70. Grand sciatique et petit sciatique.

(Testu, 1891, II,1 , pl. 961, p. 843)

Fig. 71. Deux divisions et poplitée interne.

(Testu, 1891, II,1 , pl. 965, p. 851)

Fig. 72. Poplitée externe et branches.

(Testu, 1891, II,1 , pl. 965, p. 851)

Figure 22 : Nerf sciatique est ces bifurcations [41]

VI. PHYSIOLOGIE ARTICULAIRE DU GENOU

Le genou est l'articulation intermédiaire du membre inférieur, c'est principalement une articulation à un degré de liberté : Flexion – Extension. Le genou travaille essentiellement en compression, sous l'action de la pesanteur. Accessoirement, l'articulation du genou comporte un deuxième degré de liberté : la rotation sur l'axe longitudinal de la jambe, qui n'apparaît que lorsque le genou est fléchi.

D'un point de vue mécanique, l'articulation du genou doit concilier "deux impératifs contradictoires" :

-Posséder une grande stabilité en extension complète. Position dans laquelle le genou subit d'importants efforts, dus au poids du corps et à la longueur du bras de levier.

-Acquérir une grande mobilité en flexion, nécessaire à la course et à l'adaptation du pied aux terrains accidentés.[46]

Le genou arrive à concilier ces impératifs contradictoires en associant un faible emboîtement articulaire à la solidité de ses moyens d'union, passifs et actifs .

1.La Flexion – Extension

Par rapport au tibia, le fémur roule, glisse et tourne. Il a été démontré que les condyles fémoraux médial et latéral présentent des schémas de mouvement différents (ce qui est lié à leurs caractéristiques anatomiques distinctes - le condyle fémoral médial étant plus long) :

- Le condyle fémoral latéral roule en arrière et glisse par rapport au tibia lors de la flexion du genou.
- Le condyle fémoral médial pivote mais ne s'enroule pas ou ne glisse pas en cas de flexion jusqu'à 110°. Un mouvement postérieur mineur du condyle fémoral médial peut se produire avec des degrés de flexion plus. Le point de contact entre les condyles fémoraux et le tibia se déplace vers l'arrière lors de la flexion du genou. [47] Les condyles fémoraux n'étant pas complètement circulaires , la position du point de contact n'est pas parallèle à celle des condyles fémoraux (le point de contact peut donc se déplacer vers l'arrière sans que le condyle fémoral médial ne le fasse). (Figure 23).

La cinématique d'une telle articulation pourrait être résolue de deux manières. Le condyle pourrait se déplacer par un "roulement" pur sur la glène (Figure 24,25,26); ce qui voudrait dire qu'à un point du condyle fémoral correspondrait un point et un point seul du plateau tibial.

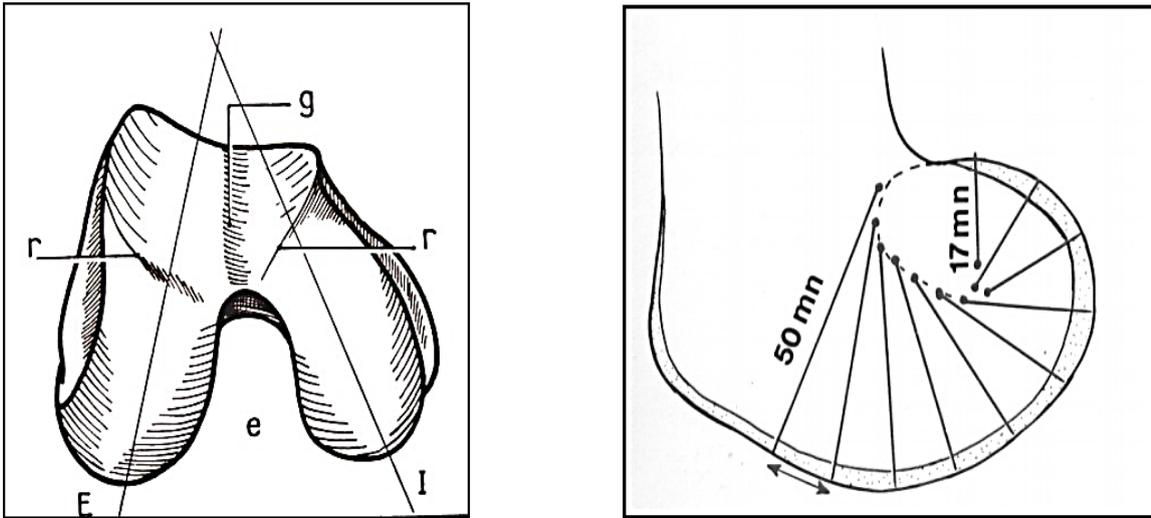


Figure 23 : Divergence des condyles fémoraux - Divergence des rayons de courbures[47].

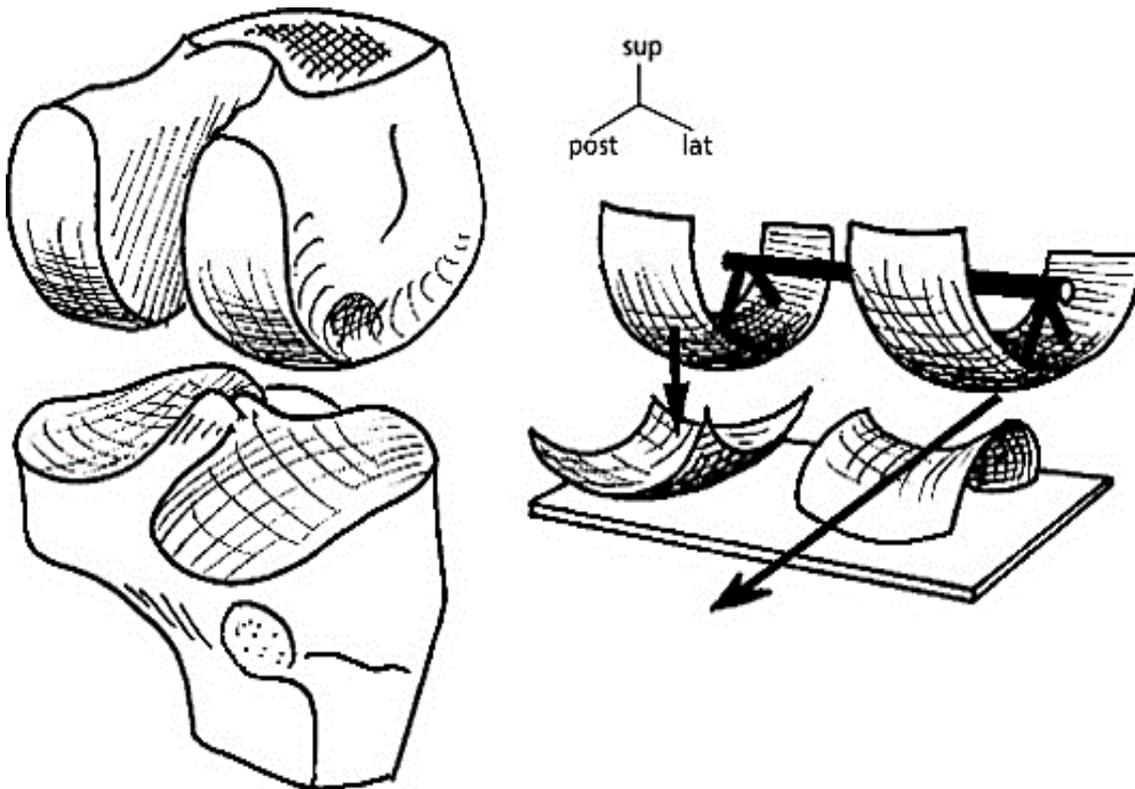


Figure 24 : Asymétrie de surface des compartiments fémoro-tibiaux[47]

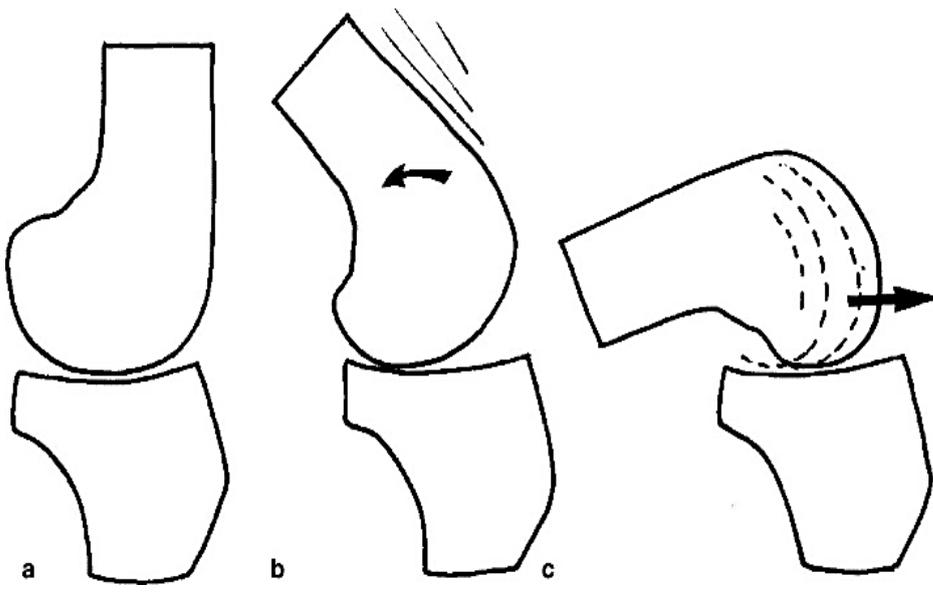


Figure 25 : Roulement–glissement lors de la flexion : à partir de la rectitude (a le roulement qui domine (b) ; le glissement (c). [47]

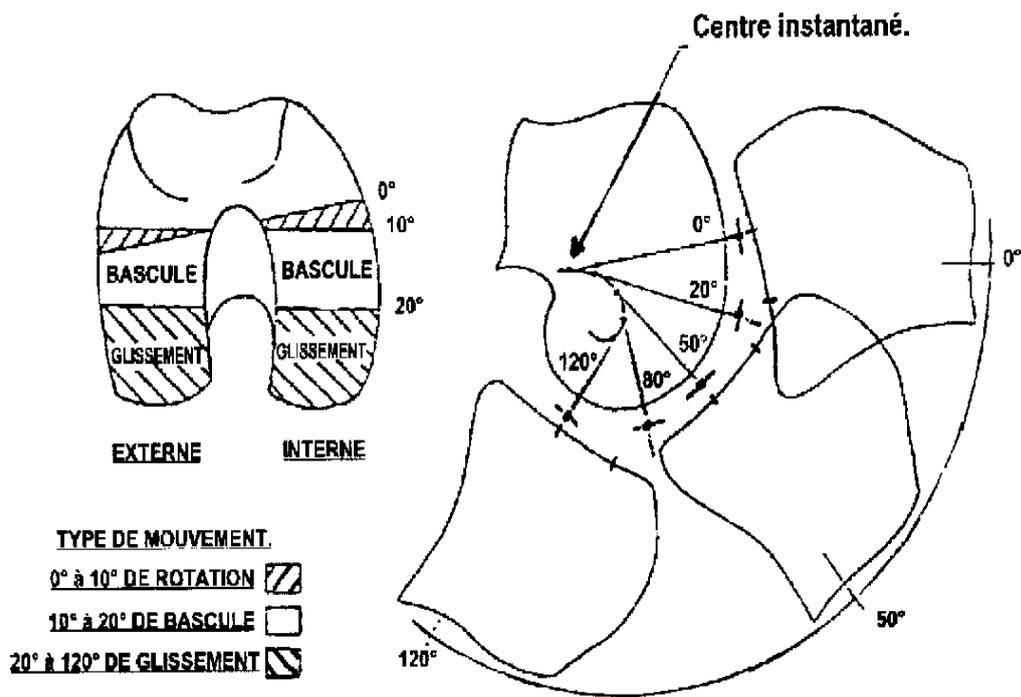


Figure 26 : Les centres instantanés, le roulement et le glissement.[47]

2. Amplitude des mouvements du genou

Il convient toutefois de rappeler que l'amplitude fonctionnelle dépend de l'individu, de sa situation spécifique et de ses exigences fonctionnelles. Certaines personnes peuvent avoir besoin d'une mobilité beaucoup plus importante que la "norme" moyenne pour des raisons professionnelles, religieuses (s'asseoir avec les jambes croisées, s'agenouiller pour prier) ou récréatives (sport) [48]- [49]. Le mouvement anatomique de l'articulation tibio-fémorale peut être décrit dans trois plans et certaines des valeurs rapportées dans les populations occidentales sont les suivantes :

Plan sagittal (10°) d'hyperextension à (134°) de flexion, activement (15°) d'hyperextension à (145°) de flexion passive [50].

Plan axial (transversal) En extension complète, le mouvement n'est généralement pas possible, en raison de l'emboîtement des condyles fémoraux et tibiaux. A (90°) de flexion : RE (- 45) RI (- 30)

Plan frontal en extension complète, le mouvement n'est généralement pas possible, en raison de l'emboîtement des condyles fémoraux et tibiaux. Jusqu'à (30°) de flexion Léger enlèvement/adduction possible.

En extension terminale, l'articulation du genou est légèrement en hyperextension et stabilisée par le resserrement des ligaments croisés et collatéraux. L'extension est nulle, voire de (05°) passivement, le muscle extenseur est le quadriceps fémoral. Comme le condyle fémoral médial est plus long que le condyle latéral, lorsque le pied est libre (mouvement en chaîne ouverte), le tibia effectue une RE (15°) sur le fémur au cours des 20 derniers degrés d'extension, et la tubérosité tibiale se déplace latéralement. C'est ce qu'on appelle le mouvement de vissage, Lorsque le pied est fixé au sol (mouvement en chaîne fermée), le même effet est obtenu par une RI du fémur par rapport au tibia.

La flexion passive est de (150°), la flexion active est de (140°) hanche fléchie et de (120°) hanche en extension. Les muscles fléchisseurs sont principalement les muscles biceps fémoral, demi-tendineux, semi membraneux, gracile et accessoirement les muscles sartorius, poplité et gastrocnémiens. Lors de la flexion, le glissement vers l'avant est contrôlé par le ligament croisé antéro-externe, c'est un frein pour l'hyperextension et lors de l'extension, le glissement vers l'arrière est contrôlé par le ligament croisé postéro-interne.

Figure 27

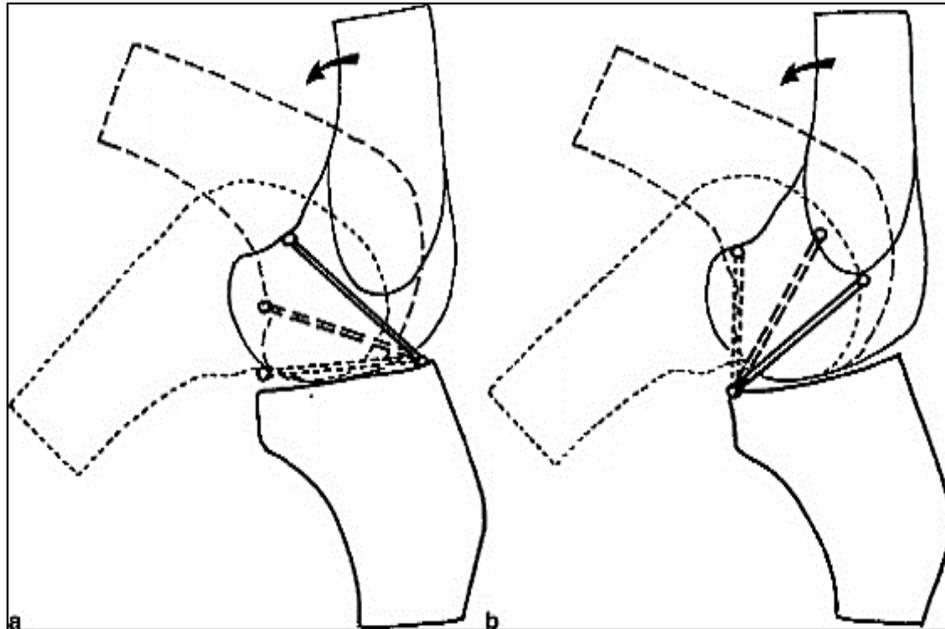


Figure 27 : Déplacement des ligaments croisés avec l'extension : horizontalisation du LCA (a), verticalisation du LCP (b [48])

VII. BIOMECANIQUE DU GENOU

A. Définition des axes fémoro-tibiaux et méthodes de mesure

1) Définition des axes :

Il convient de définir les axes anatomiques et mécaniques du membre inférieur qui vont permettre d'analyser des déformations en varus ou en valgus du genou, ainsi que le calcul des contraintes qui s'y exercent (**Figure 28**).

-la ligne gravitaire : la ligne joignant le centre de S2 (2^o vertèbre sacrée) au milieu de la mortaise tibio-fibulaire.

-l'axe mécanique du membre inférieur : ligne joignant le milieu du grand trochanter et le point projeté du centre de l'échancrure inter condylienne sur la ligne tangente aux condyles fémoraux.

-l'axe anatomique du tibia : ligne joignant le milieu des épines tibiales sur les lignes tangentes abaissées aux condyles fémoraux au centre de la mortaise tibio-fibulaire.

- l'axe mécanique du tibia : il se confond avec l'axe anatomique.

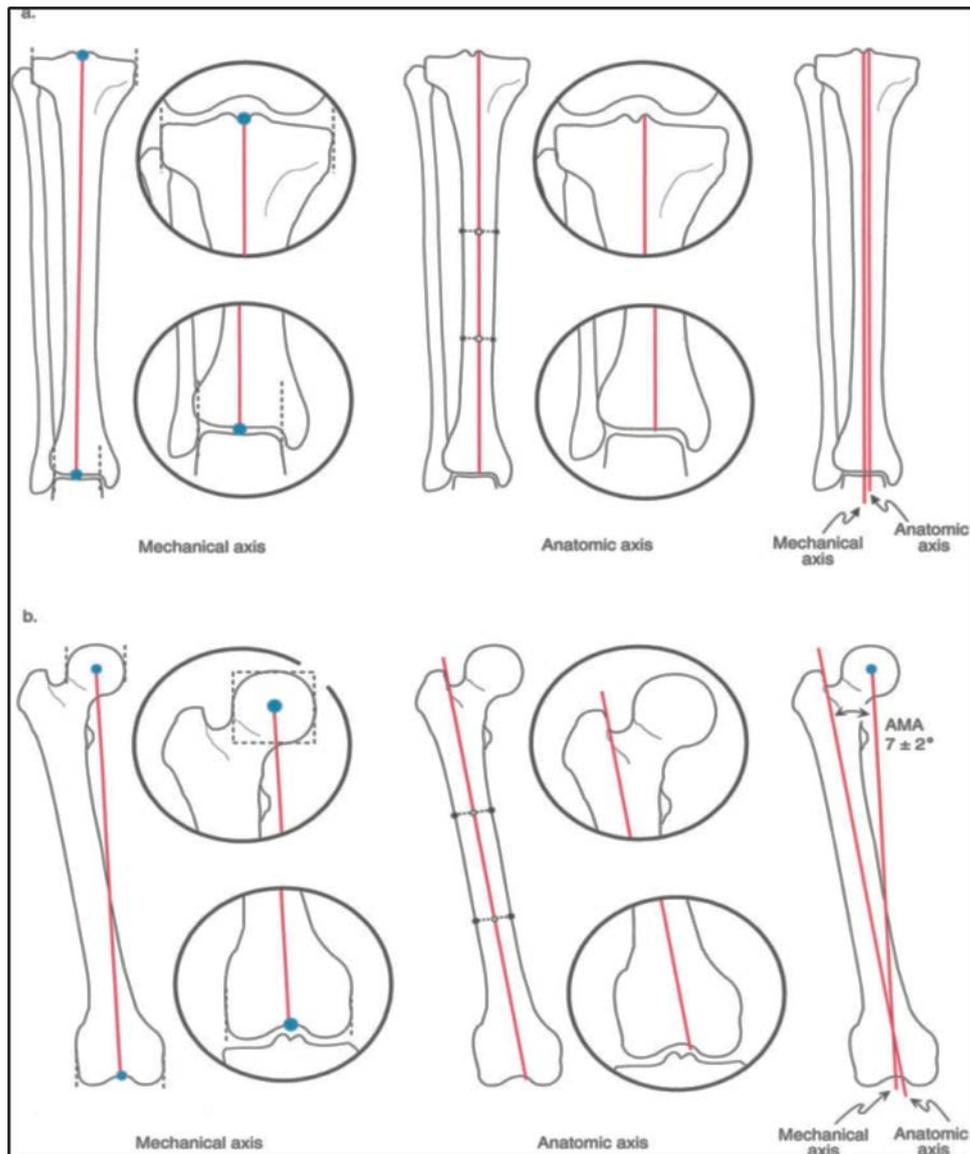


Figure 28 les différents axes anatomiques et mécaniques (Tibia, fémur)

-l'angle fémoro-tibiale mécanique : angle formé entre l'axe mécanique du fémur et l'axe mécanique du tibia.(Figure 29,30)

Dans les conditions anatomiques d'un sujet normo-axé. L'axe mécanique du membre inférieur passe par le centre du genou (milieu des épines tibiales sur une ligne abaissée tangente aux condyles fémoraux). L'axe mécanique du membre inférieur se confond alors avec l'angle fémoro-tibiale mécanique qui est de 180° .

-l'angle fémoro-tibiale anatomique : angle entre les axes anatomiques du fémur et du tibia, il mesure entre 170° et 175° .

-l'angle fémoral mécanique : angle formé entre l'axe mécanique du fémur et la ligne tangente aux condyles fémoraux (MLDFA)[51]. Il se mesure en dehors et fait 88° en moyenne.

-l'angle tibial mécanique : angle formé entre l'axe mécanique du tibia et la ligne tangenteaux plateaux tibiaux(MPTA)[52], il se mesure en dehors et fait 92° en moyenne.

Ainsi l'interligne articulaire est oblique en bas et en dehors, lors de la marche cet interligne s'horizontalise pendant l'appui monopodal.

Il est bon de rappeler que l'épiphyse fémorale distale est inclinée de 2°-3° en valgus par rapport à l'axe mécanique du fémur, tandis que l'épiphyse tibiale proximale est inclinée de 2°- 3° en varus [53]

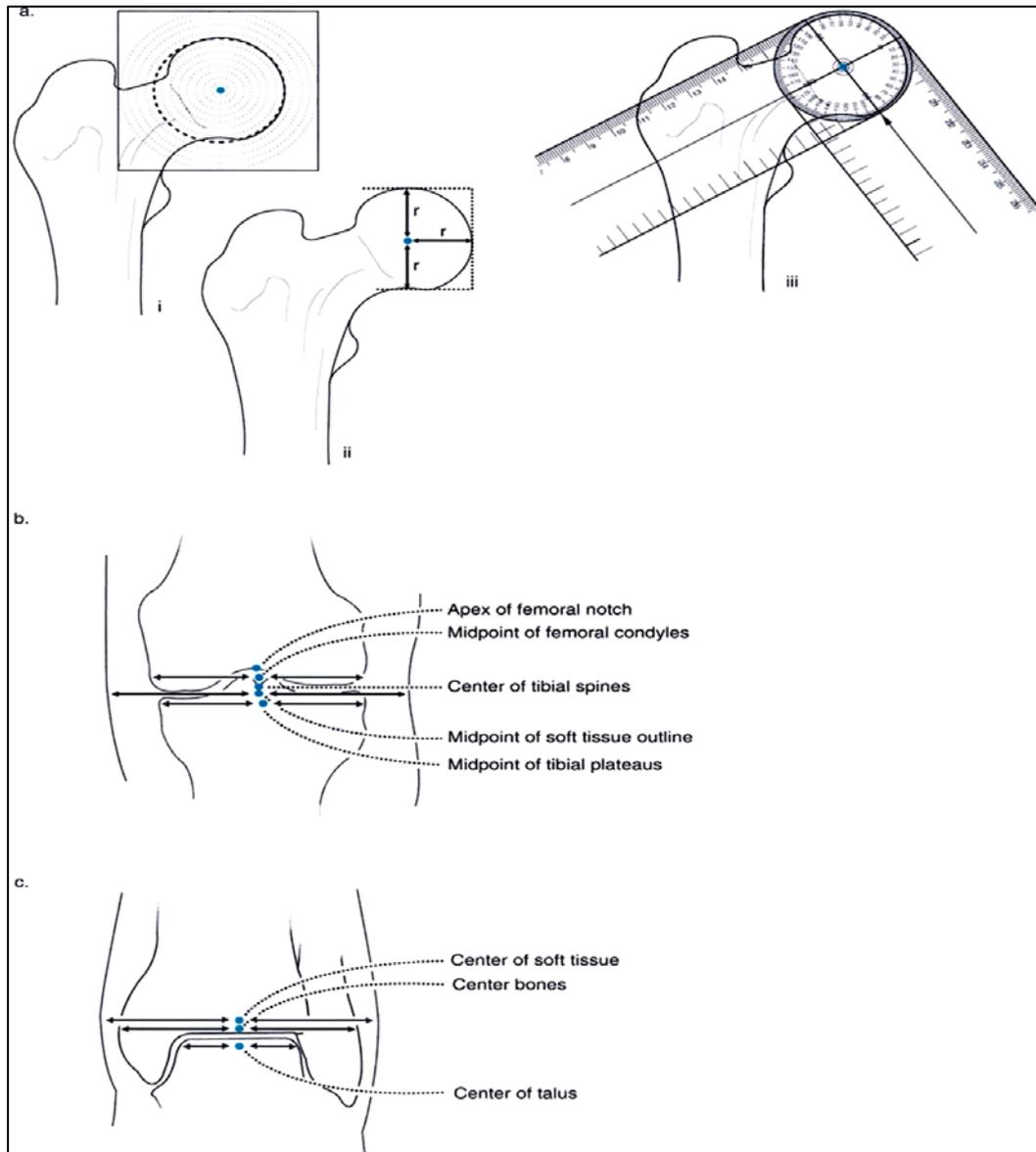


Figure 29 le centre de la hanche ,genou et la cheville

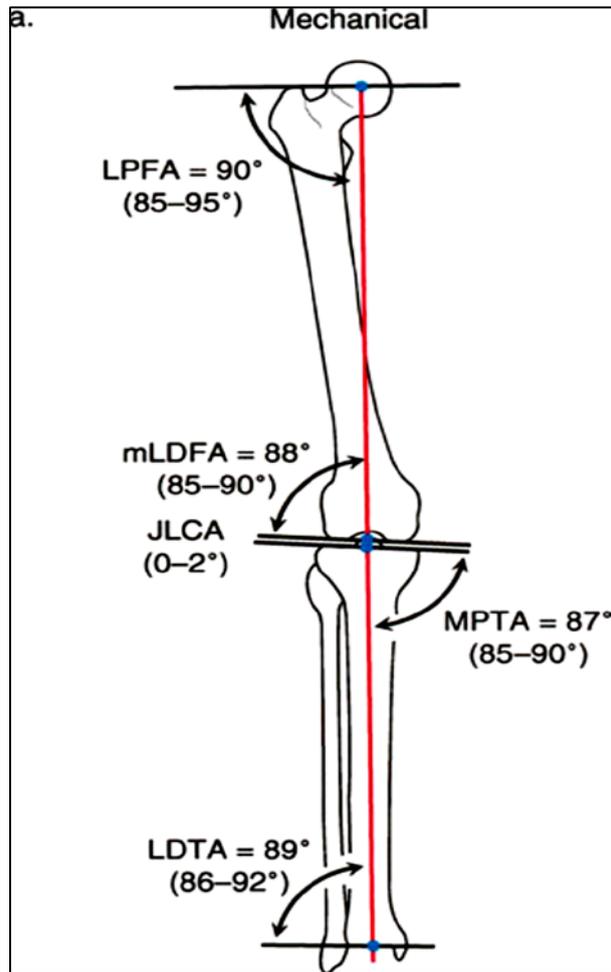


Figure 30 les différents angles des axes mécaniques[51,52]

Jan Mikulicz-Radecki a proposé pour la première fois en 1880 une ligne droite (ligne de Mikulicz) reliant le centre de la tête fémorale et le centre du talus (Figure 31) [54]. Cette ligne indique l'alignement mécanique global du membre inférieur. Selon l'endroit où elle traverse le condyle tibial, le membre est défini comme varus (condyle tibial médial) ou valgus (condyle tibial latéral). Pour analyser la déformation, nous avons généralement recours à :

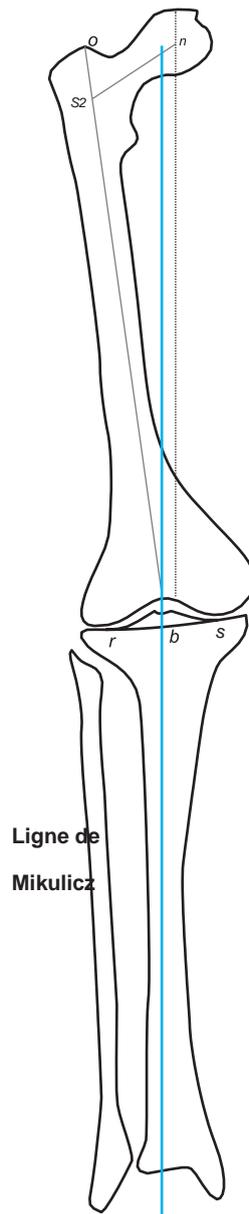


Figure 31 : La ligne de Mikulicz Cette image est l'une des premières réimpressions de la thèse de Jan Mikulicz [54]

L'angle HKA : est l'angle formé par la ligne unissant d'une part, le centre de la tête fémorale (Hip) au milieu du genou (Knee) et d'autre part le milieu du genou au milieu de la cheville (Ankle). S'il est inférieur à 180° il témoigne d'un varus et s'il est supérieur à 180° il témoigne d'un valgus.(**Figure 32**)

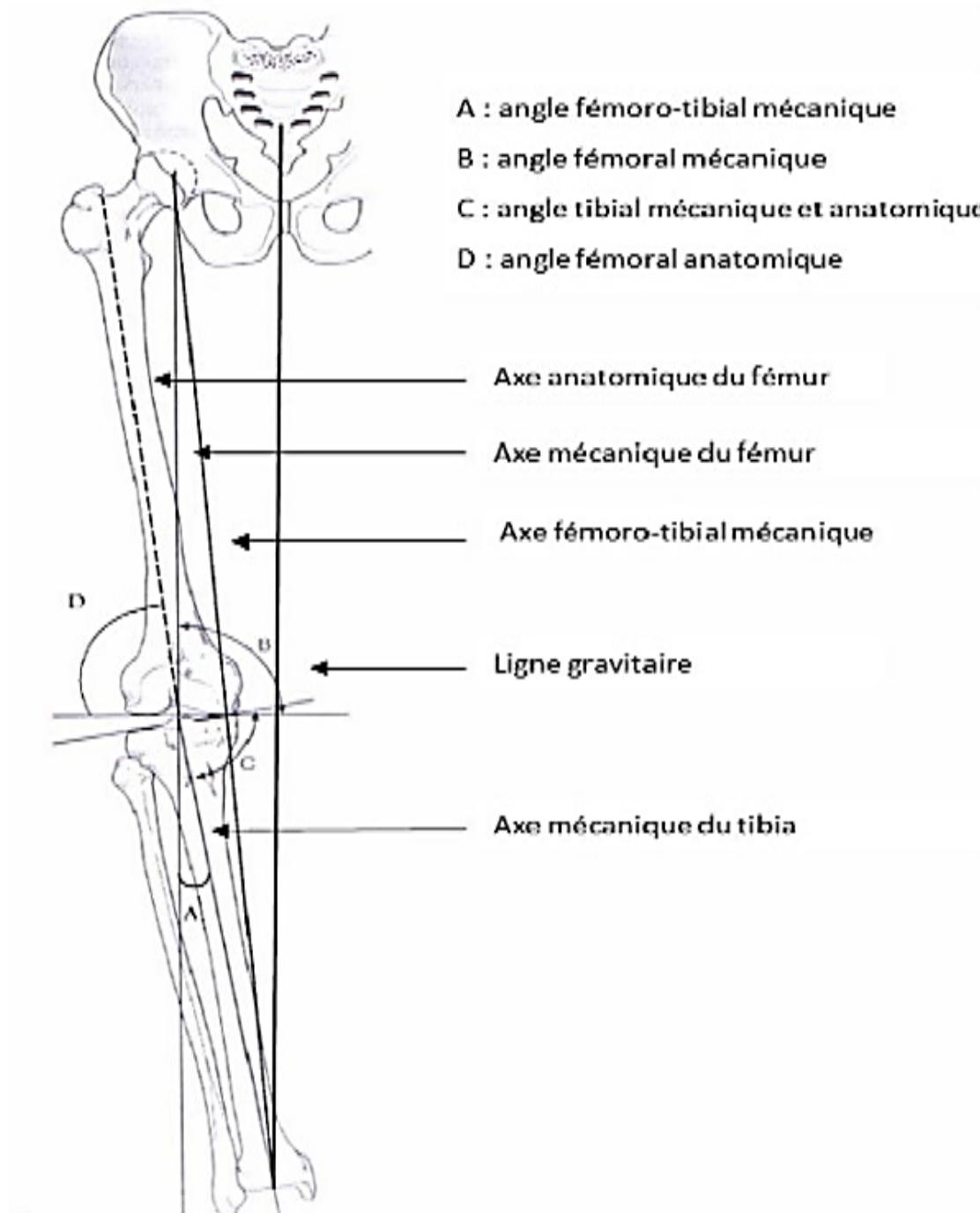


Figure 32 : Définition des axes et des angles du membre inférieur[56,57] .

L'angle HKS : est l'angle formé par l'axe mécanique du fémur et l'axe de la diaphyse fémorale ; il donne la mesure du valgus fémoral dont on tiendra compte lors de la coupe fémorale distale [55].

2) Mesure de la déviation angulaire

Duparc et Massare [56] ont montré qu'il existait une déviation angulaire physiologique (DAP) en valgus de 02° chez l'homme et de 03° chez la femme. Ce valgus physiologique est dû au déport du col fémoral, à la distance entre les deux têtes fémorales et la longueur du fémur. Pour apprécier correctement le morphotype d'un patient il faut se baser sur sa déviation axiale corrigée (**DAC**) .

Celle-ci correspond à la déviation angulaire globale (DAG) mesurée par l'angle fémoro-tibiale mécanique moins la (DAP) dans le valgus **ou** plus la (DAP) dans le varus. $DAC = DAG - DAP$ (si valgus) $DAC = DAG + DAP$ (si varus) **Figure 33**[56]

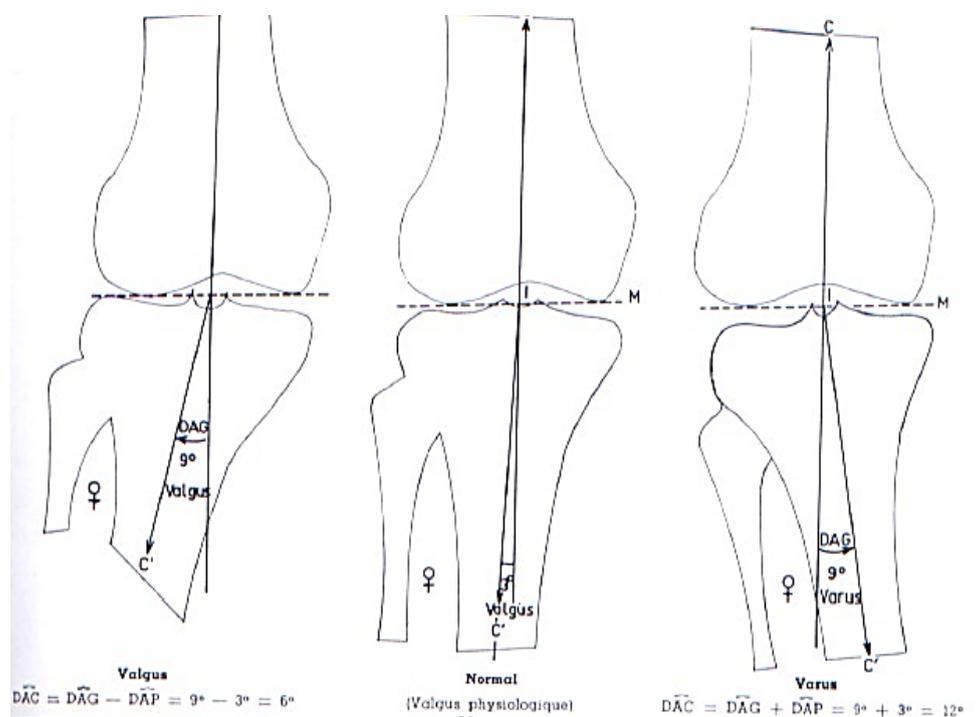


Figure 33 : Mesure de la déviation axiale corrigée selon Duparc-Massare[56]

a) La désaxation et la surcharge

Thomine [57] introduit un nouveau concept dans le calcul des forces varisantes. Il décompose la force gravitaire P en 2 composantes : l'une extrinsèque, indépendante des déviations axiales du membre et l'autre intrinsèque, reflet de la déviation axiale.

L'écart varisant défini par Thomine est la base pour comprendre la répartition des charges entre plateau interne et plateau externe ; cet écart varisant a été défini dans le plan frontal et en appui monopodal. Mais on peut également imaginer ce que devient cet écart varisant dans le plan horizontal et lors de la marche. Dans le plan horizontal, l'addition de tous les écarts varisants permet de définir une surface varisante. Lorsque le genou est normo-axé, cette surface varisante permet de comprendre pourquoi la charge prédomine en interne et en postéro-interne et permet de répondre aux deux constatations suivantes : les lésions dégénératives sont majoritairement internes, alors que le genou moyen est normo-axé ; les lésions dégénératives sont majoritairement postérieures.

b).Notion d'écart varisant [57]

A chaque pas le membre inférieur portant doit supporter le poids du corps, tout en prenant une position qui assure l'équilibre du marcheur. C'est à dire, celle qui place son centre de gravité à la verticale de l'appui plantaire.

Dans cette phase d'appui unipodal, le membre peut être assimilé à la colonne chargée excentriquement proposée par **Maquet** [58]. En effet la partie supérieure du corps et membre oscillant sont supportés par un solide constitué par le membre portant, la hanche portante et le bassin stabilisés par les muscles abducteurs de la hanche, Le poids partiel du corps s'applique selon la ligne gravitaire, ainsi les contraintes gravitaires s'appliquent elles, en dedans du genou et à distance de lui, comme dans un solide soumis à une charge concentrique **Maquet**. Le moment d'action de cette force gravitaire sera ainsi proportionnel à la distance qui sépare la ligne gravitaire et le centre du genou.

Maquet propose de fixer le centre du genou au milieu de l'axe virtuel du mouvement de flexion, soit entre les condyles. L'écart entre ce centre et la ligne gravitaire gouverne ainsi la valeur des contraintes varisantes, ce qui justifie l'appellation choisie d'écart varisant (**Figure 34**) [59].

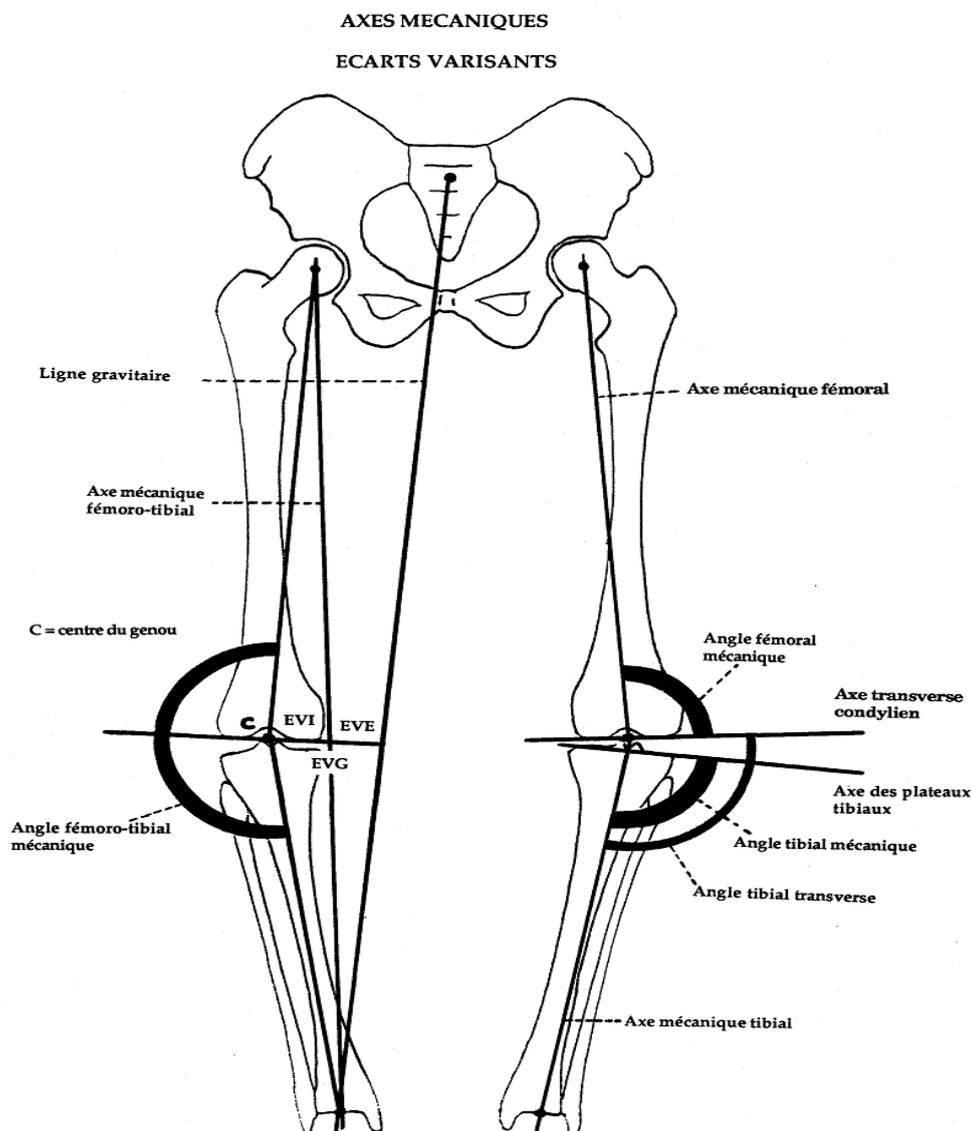


Figure 34 : Axes mécaniques et écarts varisants [57].

Il existe un équilibre physiologique entre les sollicitations mécaniques et la résistance des tissus articulaires. Cet équilibre peut être perturbé par différents facteurs. Soit la résistance des tissus

articulaires est amoindrie pour des causes métaboliques, les sollicitations mécaniques étant normale ou bien, la sollicitation de l'articulation devient anormalement grande sous l'effet d'une perturbation mécanique, la résistance des tissus étant normale. La rupture de l'équilibre physiologique entraîne des réactions tissulaires conduisant à l'arthrose (Muller, 1929. Pauwels, 1973). Quand nous aurons déterminé les forces supportées par le genou ainsi que les contraintes articulaires physiologiques et pathologiques qu'elles provoquent ; nous serons en mesure d'expliquer comment influencer chirurgicalement ces dernières, de façon à obtenir un effet thérapeutique favorable sur la gonarthrose qu'elles ont entraînées.

3) Etude statique :

A. Dans le plan frontal

a). *Modèle monocylindrique et bi cylindrique*

Le genou peut être assimilé dans un premier temps à une articulation monocylindrique. Ce qui permet d'introduire les notions d'équilibre des forces. La situation d'équilibre est représentée par le passage du poids **P** par le centre de rotation. Lorsque le poids **P** est décalé, le modèle évolue vers le déséquilibre, pour le compenser, un contre poids est indispensable, d'autant plus élevé, que son point d'application est proche du centre de rotation (**Figure 35**).

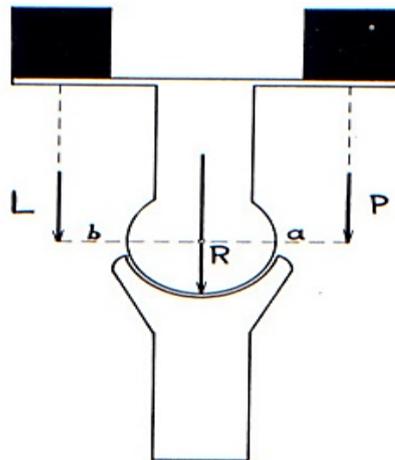


Figure 35 : L'équilibre physiologique du genou, d'après Maquet P [58].

En situation d'équilibre, les moments des forces en présence sont égaux ($a \times P = b \times L$)

a : Distance entre le point d'application de la force P et le centre de rotation

b : Distance entre le point d'application de la force L et le centre de rotation L : Force de contrepoids Si b diminue, $a \times P$ étant constant, L augmente et au contraire diminue si b augmente. Enfin le contre poids **L** peut être représenté par un hauban qui développe la même force en situation d'équilibre (**Figure 36**).

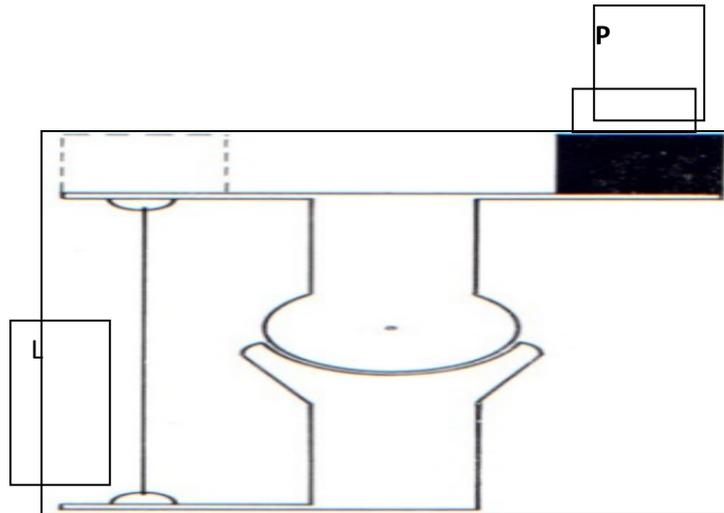
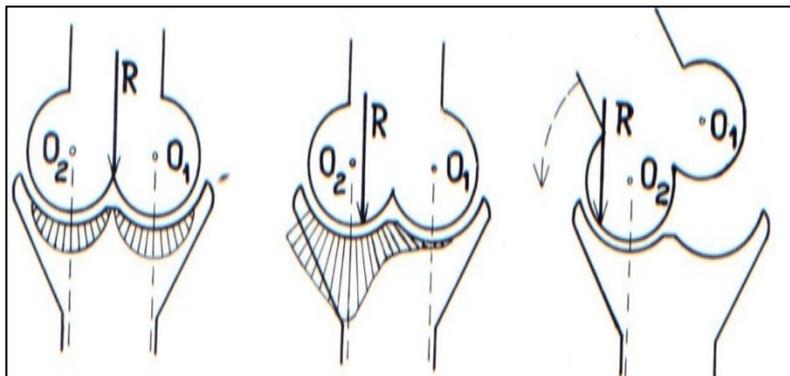


Figure 36: Articulation monocylindrique selon Maquet[58]

De la même façon le genou peut être assimilé à un modèle bi cylindrique, compte tenu de la présence dans l'articulation fémoro-tibiale de deux condyles entre lesquels se répartissent la charge (**Figure 37**).



a- Charge centrée

b- Charge excentrée mais agissant entre les centres de courbure O1 et O2

c- Charge agissant en dehors du centre de courbure de O2.

L'équilibre est rompu

O1 : Premier centre de rotation
O2 : Second centre de rotation
R : Résultante des forces P et L

Figure 37: Articulation bi cylindrique selon Maquet P [58].

Un poids P bien centré sur la colonne supérieure reste en équilibre. Un même poids P, excentrique, fait pivoter la colonne supérieure sur l'inférieure et bascule. Un contre poids L, placé de l'autre côté de la colonne, peut assurer l'équilibre. Ce contre poids sera tel que la résultante R des forces P et L passe par l'axe de rotation de l'articulation. Le contre poids L peut différer du poids P, mais leurs moments par rapport à l'axe de rotation doivent être égaux et de directions opposées.

Pour **Maquet [58]** qui a étudié les contraintes exercées sur le genou de bout en appui monopodal. La stabilisation articulaire est le résultat d'un équilibre permanent entre une force

gravitaire **P** de tendance varisante d'une part et d'une force musculaire **L** de tendance valgissante d'autre part.

Si la résultante des forces $\mathbf{R} = \mathbf{P} + \mathbf{L}$ passe par l'axe mécanique du membre inférieur, le système est équilibré. **R** se situe alors, entre les centres de courbure des condyles interne et externe. Les contraintes se répartissent de façon égale sur les glènes tibiales (**Figure 38**).

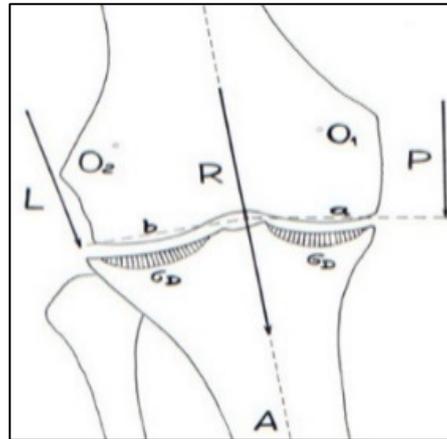


Figure 38 : Répartition des contraintes selon Maquet [58]. La force **P**, exercée par le poids du corps en dedans du genou, qui a un effet varisant. La force **L**, exercée en dehors, par le hauban externe et dont l'effet est valgissant. La résultante **R**, qui s'exerce au centre du genou, illustre ainsi la relation d'égalité des moments des forces **L** et **P** A : Axe mécanique du membre inférieur

Blaimont[60] confirme le rôle essentiel du hauban musculaire externe pour obtenir un état d'équilibre et précise les muscles mis en jeu : tenseur du fascia-lata, biceps fémoral et quadriceps uniquement lors de le marché. La faiblesse de ce hauban musculaire entraine une déviation médiale de la résultante **R**, qui augmente les contraintes sur la glène tibiale médiale, même sur un genou normo axé (Figure 39).

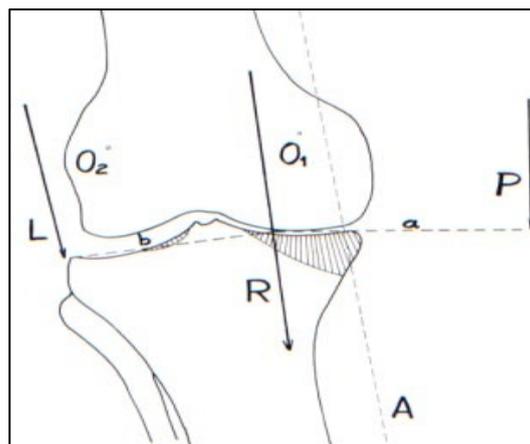


Figure 39: Augmentation des contraintes, selon Maquet [58].

b). Contraintes exercées sur le genou en appui monopodal

La force **P** gravitaire découle du poids partiel du corps moins le poids du membre portant et s'exerce selon une ligne unissant le centre de gravité du corps situé arbitrairement en **S2** (2^{ème} vertèbre sacrée) au milieu de la mortaise tibio fibulaire.

La force **L** est le produit de la contraction du hauban musculaire externe appliquée au plateau tibial latéral dans le sens opposé à la force gravitaire **P**. Il en résulte qu'en position debout sur un pied, avec distribution égale de la pression sur les surfaces portantes articulaires. Le genou en charge supporte environ une charge équivalente à deux fois le poids du corps (**Figure 40**).

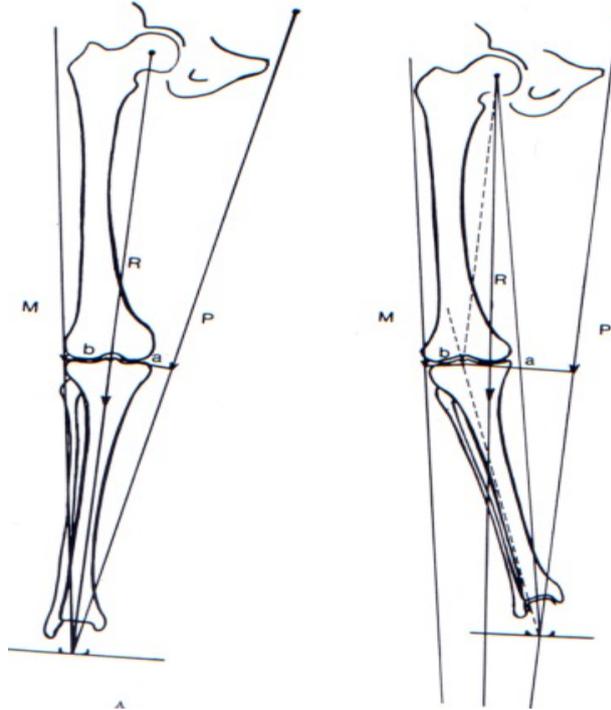


Figure 40 : Contraintes exercées sur le genou en appui monopodal Genou normo-axé genu varum selon Maquet.[58]

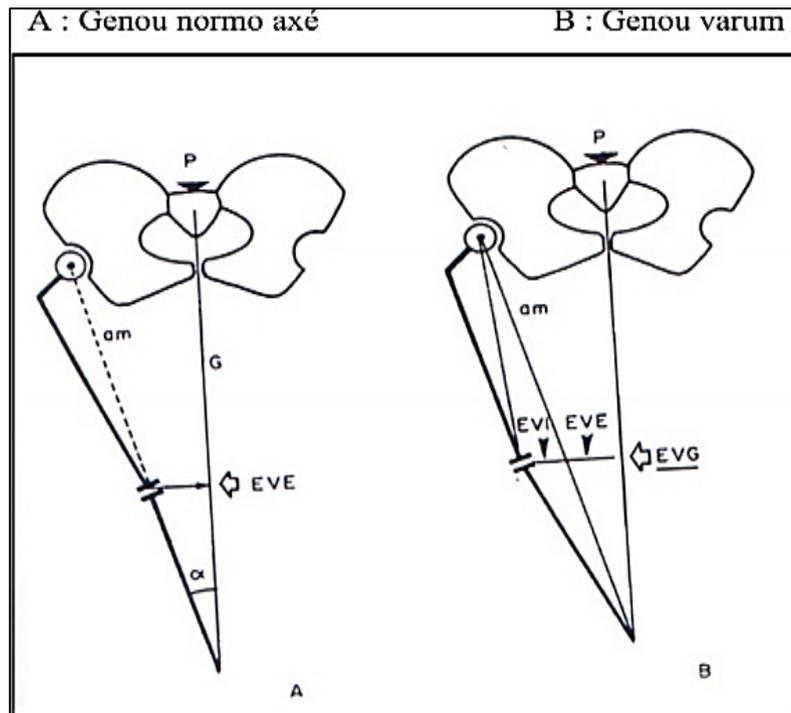


Figure 41: Les forces varisantes selon Thomine[57].

Thomine [57] introduit un nouveau concept dans le calcul des forces varisantes. Il décompose la force gravitaire P en 2 composantes : une extrinsèque, indépendante des déviations axiales du membre et une autre intrinsèque, reflet de la déviation axiale. Il définit ainsi l'écart varisant global (**EVG**) somme d'un écart varisant intrinsèque et d'un écart varisant extrinsèque (**Figure 41**)

L'écart varisant extrinsèque (**EVE**) est la distance qui sépare à hauteur d'interligne articulaire la ligne représentant l'axe mécanique du membre et la ligne gravitaire (dans un genou normo-axé, l'écart mesure (la distance entre le centre du genou et la ligne gravitaire).

L'écart varisant intrinsèque (**EVI**) est la distance entre le centre du genou et la ligne représentant l'axe mécanique du membre (cette distance est nulle sur un genou normo-axé). Ce concept met en évidence le rôle du facteur anatomique individuel dans l'excès de contrainte sur la glène tibiale médiale en dehors de déformation axiale du membre. Ainsi un pelvis large, une coxa vara, un fémur court ou une adduction de hanche augmente le varus extrinsèque. Inversement un pelvis étroit, une coxa valga, un fémur long ou une abduction de hanche le diminue.

A. Dans le plan sagittal :

Dans le plan sagittal, les contraintes s'exercent sur les articulations fémoro-patellaires et fémoro-tibiales. Elles sont progressivement croissantes lors de la flexion. Au niveau des glènes tibiales, la surface portante diminue au cours de la flexion passant de 21.9 cm^2 à 18.2 cm^2 [58]

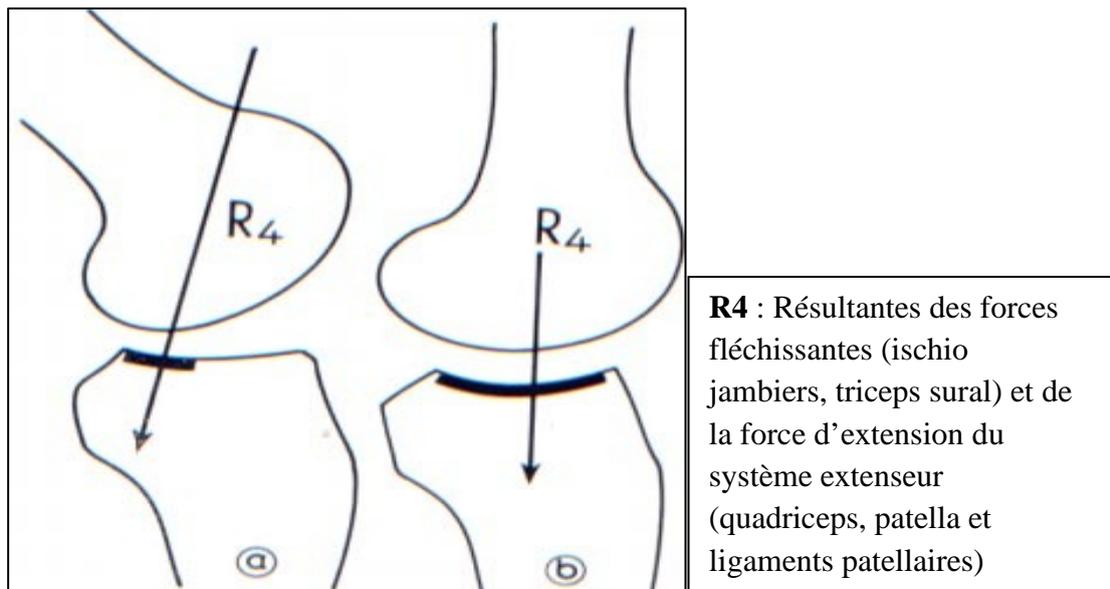


Figure 42: Répartition des contraintes selon l'angle de flexion du genou selon Maquet [58].

Ceci s'explique par le rayon de courbure des condyles qui diminue d'avant en arrière.

Cependant la pression ne reste pas localisée car la flexion du genou s'accompagne d'un glissement vers l'arrière des condyles sur les glènes tibiales et les contraintes s'appliquent de façon intermittente selon le degré de flexion (**Figure 42**). **Kummer** ne prend en compte, ni la réaction au sol, ni le poids de la jambe qui introduisent la notion de composante tangentielle aux surfaces articulaires. Cette schématisation est, malgré tout, suffisante pour comprendre dans le plan sagittal, l'évolution d'un processus arthrosique ou la décompensation d'une arthroplastie. Par ailleurs, le genou subit des forces fléchissantes exercées par les muscles ischio jambiers et le triceps sural, une force d'extension exercée par le système extenseur (muscle quadriceps, patella et ligament patellaire).

La résultante de ces 2 forces R5, vient plaquer la patella contre la trochlée et la résultante R4 applique les condyles fémoraux sur les glènes tibiales avec une intensité qui augmente avec la flexion du genou. La pression ainsi subie par le genou, passe de **5 Kg/cm²** en appui monopodal, à plus de **20kg/cm²** en flexion à 45° (**Figure 43**) [58].

On retient de cette analyse des contraintes dans le plan sagittal, le rôle néfaste d'un flessum du genou sur les articulations fémoro-patellaires et fémoro-tibiales.

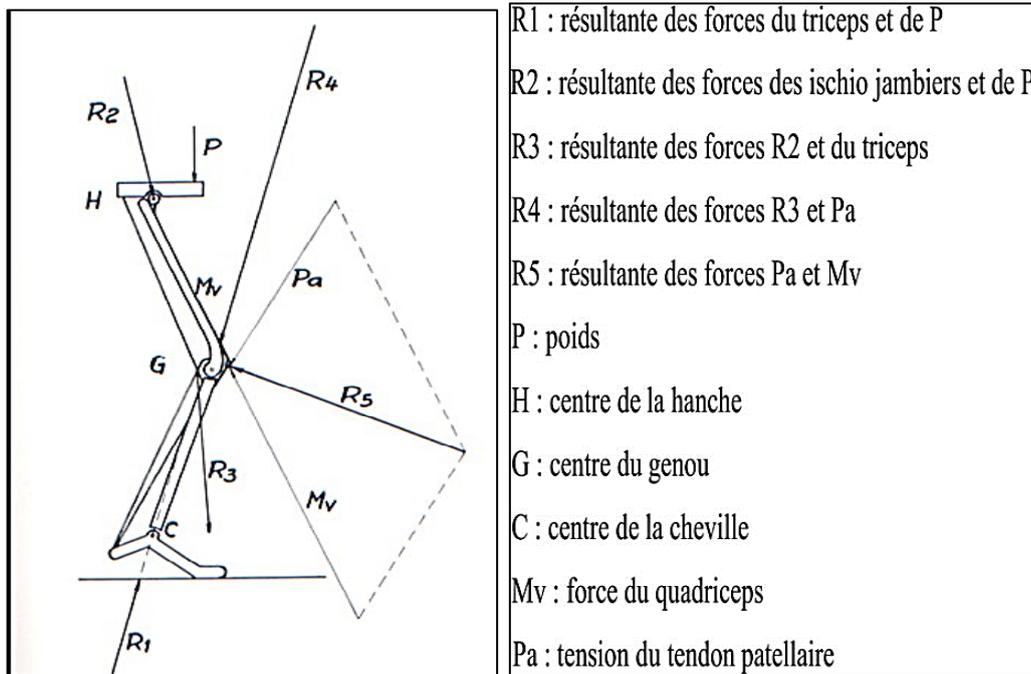


Figure 43 : Contraintes exercées sur le genou dans le plan sagittal, selon Maquet [58].

B. Dans le plan horizontal :

L'ensemble du membre inférieur s'intègre dans une suite de torsions osseuses et de rotations articulaires. Le fémur présente classiquement une rotation interne, matérialisée par l'angle d'antéversion du col fémoral. Celui-ci varie de 07 à 21°, avec une moyenne de 14° [61].

L'axe jambier, entre plateaux tibiaux et axe bimalléolaire, présente une torsion inverse, externe, en moyenne de 24° à 35° selon les auteurs. Les plateaux tibiaux sont en rotation externe faible, de 05° sous les condyles fémoraux. L'angle condylo-malléolaire est calculé cliniquement en mesurant l'angle entre l'axe du pied et l'axe bicondylien (patella au zénith) moins l'angle de détorsion tibial de 9° (rotation sous malléolaire). Il est de 34° en moyenne.

Ainsi on mesure l'index tibio fémoral par soustraction entre l'angle condylo-malléolaire (34° en moyenne) et l'antéversion du col fémoral (14° en moyenne). Il est donc de 20° en moyenne, avec des variations de 03° à 35°.

Lorsque l'index est faible, les torsions s'équilibrent. Un index élevé correspond à une antéversion du col nulle ou à une hyper torsion tibiale externe ou encore à un cal vicieux rotatoire fémoral externe. Toutes ces anomalies entraînent une augmentation des contraintes fémoro-tibiales internes.

Ainsi lors de la marche, l'avancée du membre oscillant, porte la hanche homologue en avant. Si le bassin tourne de 30°, l'axe du pied est dirigé directement vers l'avant, dans le sens de la

marche, pour un déroulé du pas optimal [47]. Cependant les troubles de torsion entraînent des contraintes de cisaillement certainement néfastes pour le genou [62].

4). Etude dynamique :

a. Calcul des contraintes et aspect dynamique

La mesure des contraintes statiques ne suffit pas à évaluer l'ensemble des forces qui agissent sur le genou, lors de la marche, des forces d'inertie liées aux accélérations et décélérations du corps, s'ajoutent au poids partiel P déjà étudié. De plus, la distance entre le centre du genou et la ligne gravitaire varie continuellement au cours de la marche, ce qui modifie continuellement le moment variant.

Blaimont[60] avait déjà postulé, que chez le sujet normal, la force L du hauban musculaire externe devait être supérieure à la force gravitaire P, déplaçant ainsi la résultante R des contraintes médialement. Ce qui suppose donc que le plateau tibial interne reçoit plus de contraintes que le compartiment externe. Environ 60% et même un morphotype en genu valgum modifie peu cette répartition des charges, qui restait toujours supérieure à 30% en interne même sur un valgus important [63].

Harrington [64] a étudié les contraintes dynamiques sur le genou normal et le genou désaxé sur plateau de force couplé à un enregistrement cinématographique (**Figure 44**).

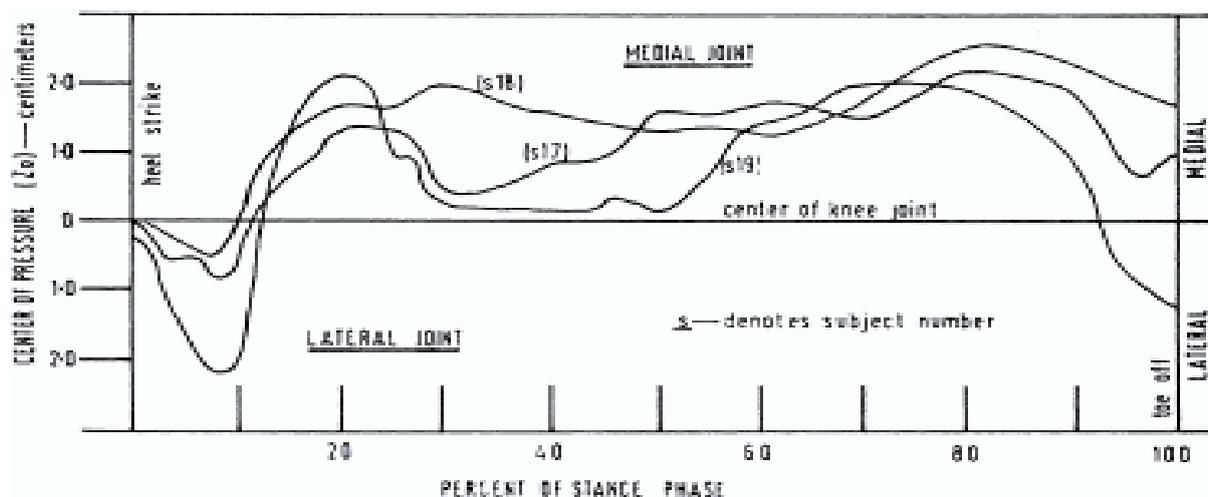


Figure 44: Répartition des contraintes durant le pas, chez le sujet normo axé (Harrington)[64] .

Son premier constat a démontré que dans toutes les situations, les contraintes dynamiques calculées sont supérieures aux contraintes statiques théoriques. Il met en évidence deux nouveaux facteurs aggravant les contraintes que sont : la longueur du pas et la vitesse de la marche. Chez le sujet normo-axé, la résultante des forces en contrainte s'applique en majeure partie sur le compartiment interne en fonction du cycle de la marche. ces contraintes sont minimales au moment de l'appui monopodal. Et il existe 3 pics de contraintes que sont, les contractions musculaires des ischio jambiers, du quadriceps (pic le plus élevé) et du triceps.

Dans le morphotype en varus (Figure 45), il y a une disparition de ces pics de contraintes. Les contraintes globales semblent même être diminuées (2.1 fois le poids du corps) par rapport

au morphotype normo axé (3.5 fois le poids du corps), mais l'ensemble des contraintes passent dans le compartiment interne.

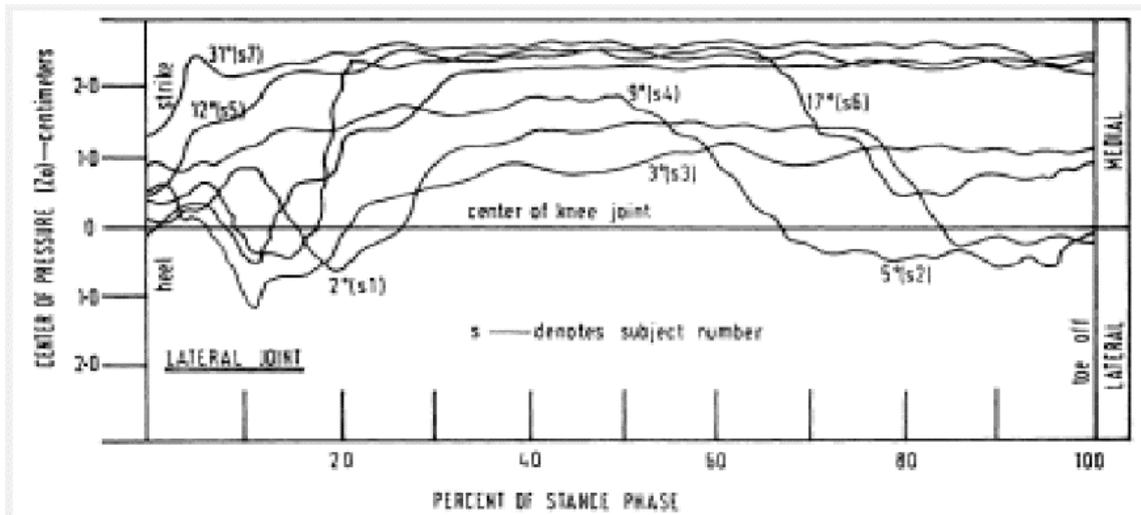


Figure 45: Répartition des contraintes durant le pas, chez le sujet en *Genu varum* (Harrington) [64] .

Cette étude montre aussi que les centres d'application des forces de contraintes changent en permanence au cours du cycle de la marche, et qu'il existe des phénomènes de compensation permettant de diminuer les contraintes dans les morphotypes désaxés.

D'autres facteurs sont à souligner : le poids, la force du hauban musculaire externe, un flessum du genou, la longueur du pas et la vitesse de la marche.

b. Pathogénie de la gonarthrose d'origine mécanique : Analyse théorique

L'analyse géométrique des forces exercées sur le genou permet de déterminer quelles sont les causes possibles d'un déplacement de la charge R et d'en envisager les conséquences. Dans un genou normal, la force "P" développée par la masse du corps diminuée de la jambe et du pied en charge, s'exerce en dedans du genou. Elle évoque un effort musculaire latéral "L".

La construction du parallélogramme des forces donne la résultante R qui normalement croise le centre de gravité des surfaces portantes du genou. La ligne d'action de la force "P" est indiquée par une droite prolongeant le vecteur "P". La ligne d'action du hauban musculaire latéral "L" est connue, le vecteur "L" est porté dans le dessin et prolongé par une droite qui coupe la ligne d'action de "P".

Du point d'intersection, une troisième ligne est tracée qui passe au centre de gravité des surfaces portantes du genou et coupe l'axe de flexion de l'articulation en "G". C'est à partir du schéma normal des forces projetées dans le plan frontal, puis dans le plan sagittal et enfin dans le plan horizontal que les causes possibles d'un déplacement de "R" seront analysés (**Figure 46**).

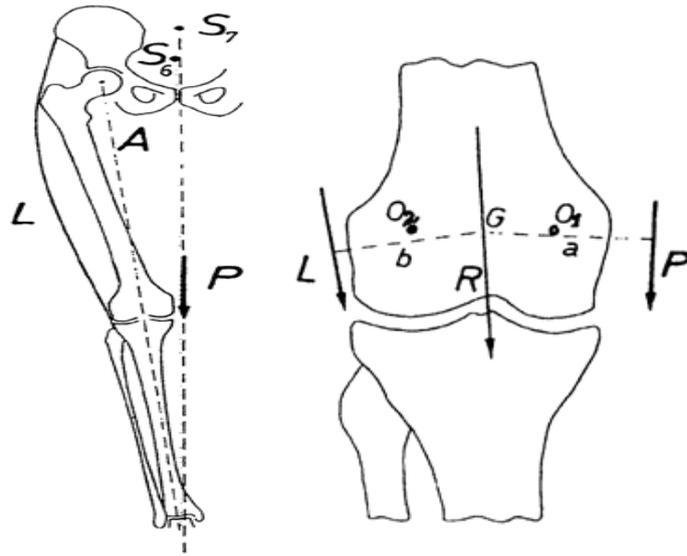


Figure 46 : Diagramme des forces exercées sur le genou en Appui monopodal. (D'après Maquet)[58].

1). Déplacement de la force R en dedans

Une diminution de la force "L", c'est à dire un relâchement des muscles latéraux, déplace la ligne d'action de la résultante "R" en dedans. La direction de "R" se rapproche légèrement de la verticale. Une augmentation du poids accroît la force "P". Si elle n'est pas compensée par un accroissement correspondant de la force musculaire "L"; elle provoque le même résultat.

Relâchement du hauban musculaire externe (ménopause....) Blaimont [60] .

Augmentation de la distance centre du genou - ligne gravitaire: par translation en dedans de S7 (inégalité de longueur du membre inférieur - bassin oblique - incurvation du rachis.), morphotype en genu varum. Déplacée en dedans "R" provoque une concentration des contraintes de compression articulaire sur la partie médiale.

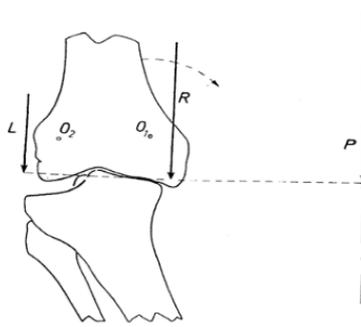
1) Déplacement de la force R en dehors

Tout accroissement de la force musculaire "L" déplace la résultante "R" latéralement; une diminution de la distance centre du genou ligne gravitaire :

- translation en dehors du centre de gravité,
- morphotype en genu valgum .

2) Impact sur la stabilité

Aussi longtemps que la ligne d'action de la résultante "R" reste localisée entre les centres de courbure O1 et O2 des surfaces articulaires fémoro-tibiales, le genou est stable. Aussitôt qu'elle passe en dehors de O2 ou en dedans de O1, le fémur doit basculer sur le tibia et l'instabilité s'installe (**Figure 47,48**)



L : Hauban musculaire P : Poids

R : Résultante

O1, O2 : Centres de courbure des surfaces articulaires fémoro-tibiale

Figure 47 : *Genou varum instable d'après Maquet .La ligne d'action de la résultante R est en dedans du centre de courbure O1 du condyle médial. [58]*

3) Evolution de la contrainte maximale

L'évolution de la contrainte maximale dans le genou peut être calculée en fonction de certains paramètres

- Une déformation du genou en varum ou en valgum,
- Une modification de la grandeur de la force musculaire,
- Une modification de la force P due à la masse du corps,
- Un déplacement horizontal du centre de gravité partiel S7 dans le plan frontal.

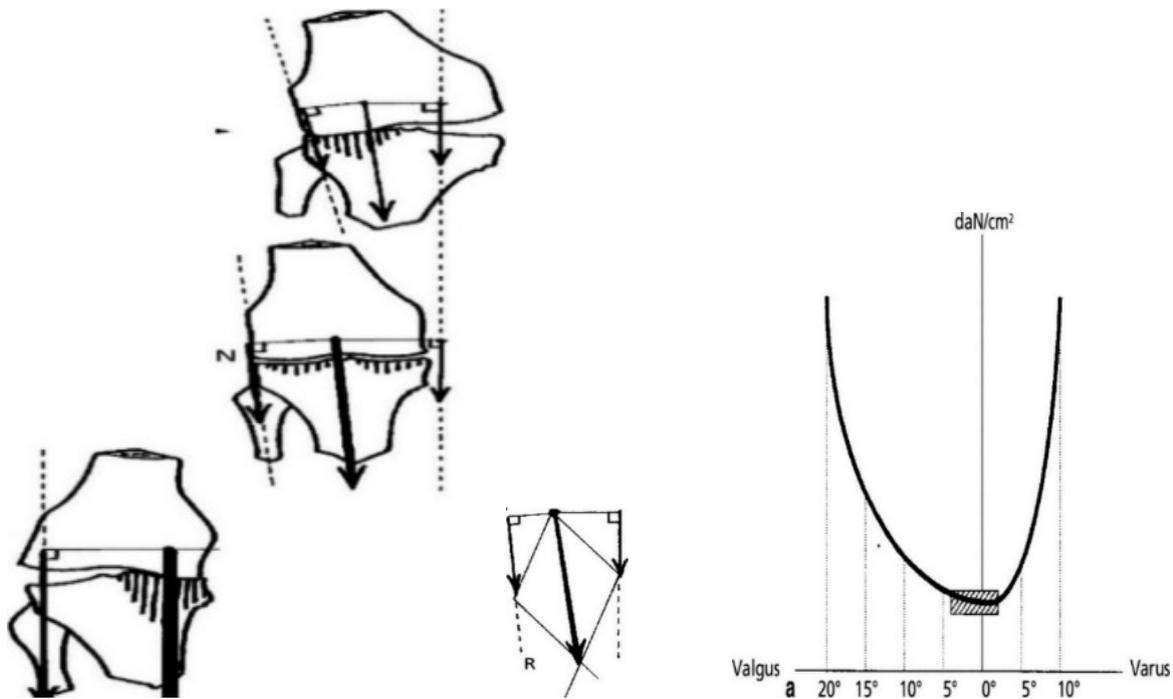


Figure 48 : Variations du genu valgum[58]

Chez un sujet normal toute modification d'un de ces paramètres assurant l'équilibre du genou qui ne sera pas immédiatement compensé aboutira inéluctablement vers l'apparition de la gonarthrose. Grâce à la réaction du tissu osseux à la grandeur des contraintes, analysées par **Pauwels [65]**, nous pouvons lire sur les radiographies la distribution des contraintes de compression dans l'articulation et à son voisinage. De façon à agir chirurgicalement pour modifier leur distribution afin de freiner le processus arthrosique, en obtenant une hypercorrection de la déviation en varum ou en valgum. Les différentes mesures thérapeutiques tendent à diminuer les forces de pression s'exerçant au niveau du genou arthrosique, ou à augmenter les surfaces portantes de l'articulation. Elles peuvent combiner ces deux effets qui l'un et l'autre réduisent les contraintes de pression articulaires .

5). Evolution anatomique de l'arthrose

L'évolution anatomique de l'arthrose fémoro-tibiale est intéressante à connaître [66]:

a) **L'usure osseuse** : Présente des caractères très différents sur les deux Surfaces articulaires. Elle est d'abord localisée au point de d'hyperpression maximum. Située aux alentours de (30°- 45°) de flexion, cette usure tibiale reste longtemps localisée alors que l'usure fémorale s'étend rapidement sur le condyle à un secteur correspondant au secteur angulaire de la marche, à savoir entre (-10°) d'extension et (70°- 80°) de flexion. C'est pour cela que la partie antérieure du condyle et surtout la partie postérieure reste normale.

A partir de ce moment-là, l'évolution est essentiellement liée à l'usure tibiale. L'os sous-chondral est atteint. Il se creuse formant une cupule qui s'étend latéralement et d'avant en arrière. Les cupules antérieures et postérieures sont la traduction d'une rotation anormale du tibia [67]. Le pincement devient très visible même sur une radiographie de face en appui monopodal.

b) **Le déséquilibre** : L'existence d'une cupule dans laquelle plonge le condyle lors de l'appui monopodal va entraîner peu à peu un déséquilibre au niveau du genou. Ce stade est très important puisqu'il traduit une perte totale de l'appui du condyle externe ou interne. La déformation frontale s'aggrave lors de l'appui monopodal à la marche.

Les modalités de ce déséquilibre sont variées; dans la concavité il se produit une laxité qui est en fait une laxité d'usure. On a beaucoup parlé de rétraction du ligament collatéral médial ou des formations capsulo-ligamentaires. La laxité de la concavité est beaucoup plus difficile à analyser. La décoaptation se traduit radiologiquement sur la radiographie en appui monopodal par un bâillement, mais cette décoaptation n'est pas obligatoirement le reflet d'une distension ligamentaire. C'est en fait la bascule du condyle qui entraîne automatiquement le bâillement en extension pour les arthroses fémoro-tibiales internes.

La décoaptation qu'elle soit interne ou externe n'est donc pas un signe prouvant une distension ligamentaire. Même qu'avec un pivot central normal il n'y a même jamais de véritable distension latérale externe ou interne.

c) **La rupture du ligament croisé antérieur** :

L'arthrose fémorotibiale interne avec déséquilibre se traduit d'une façon typique, par une cupule de translation interne, une rotation externe fémorale et un certain degré de décoaptation externe. L'accentuation de ce déséquilibre va d'une part amener l'apparition d'un remodelé arthrosique sur le plateau tibial externe et le condyle externe qui ne sont plus en pression et surtout un glissement progressif du massif des épines tibiales par rapport au condyle externe entraînant un conflit. Les épines tibiales sont peu à peu rabotées par le bord axial du condyle externe qui présente même une usure atteignant l'os sous-chondral parallèlement à l'échancrure. Le ligament croisé antérieur est alors progressivement détruit.

B. Etiologie :

a. **Arthrose fémorotibiale** : bien qu'elle ne soit pas la plus fréquente, elle est le plus souvent bilatérale, rarement primitive. L'âge de survenue des douleurs chroniques imputables à l'atteinte du compartiment interne (le plus fréquemment) se situe en moyenne à 62 ans chez la femme, et 64 ans chez l'homme [4, 68] . Les douleurs en rapport avec l'atteinte du compartiment fémoro-tibial externe sont plus tardives, vers 69 ans chez la femme.

b. **Facteurs étiologiques** : Plusieurs circonstances sont reconnues comme favorisant le développement d'une arthrose fémorotibiale.

1.L'âge et le sexe : une prévalence plus élevée chez l'homme que chez la femme avant 45ans [4] ,Ces données ont été confirmées par d'autres études, en particulier l'enquête de la National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) [69] évaluant la prévalence de la maladie à 3 % entre 45 et 54 ans et à 15 % entre 65 et 74 ans avec un risque relatif deux fois supérieur chez la femme[4, 68] .

2.l'obésité : dans la majorité des travaux publiés, une association entre obésité et gonarthrose a été clairement démontrée avec une corrélation entre les deux supérieure chez la femme [70]; L'obésité contribue également à la sévérité de la gonarthrose . Les données des

essais *Arthritis, Diet and Activity Promotion Trial* (ADAPT) et de la cohorte *Intensive Diet and Exercise for Arthritis* (IDEA) vont dans ce sens [71], [72].

3. Génétique et gonarthrose : La composante génétique dans l'arthrose est estimée à 40-65%. Elle apparaît plus importante dans la coxarthrose par rapport à la gonarthrose [73], [74]. A ce jour, trois locus ont été identifiés à travers les études du génome humain [75], [76] : le locus qui code pour la différenciation de *GDF5* ou *growth differentiation factor 5* (protéine exprimée par l'os et les articulations), le chromosome 7q22 et le locus *MCF2L*.

4. Traumatismes : lésions les plus prédictives de survenue d'une arthrose de genou sont celles des ménisques et du ligament croisé antérieur [77], [78]. Deux méta-analyses signalent un risque 4 fois supérieur chez les patients avec lésions ménisco-ligamentaires dues à la pratique d'un sport [79], [80]. lésions méniscales (traumatique, méniscectomie), lésions ligamentaires (ligament croisé antérieur dont la lésion entraîne une instabilité chronique rotatoire, rupture complète du ligament latéral interne responsable de la survenue de gonarthrose dans six fois plus de cas que la lésion partielle du LLI)

5. Activité professionnelle : supposant le port de poids lourds, des flexions répétées ou une position accroupie prolongée. il est acquis que le surmenage articulaire (une hyper utilisation comme chez les coureurs de marathon) prédispose à l'arthrose. Les footballeurs semblent présenter un haut risque de développer des lésions des genoux suivies de gonarthrose [81]. L'agenouillement a été associé à un plus fort risque de gonarthrose tout particulièrement chez les patients en surpoids [8]. Il faut rappeler les pratiques des populations du Maghreb et de certains pays orientaux à utiliser des toilettes basses où l'accroupissement est la règle. Une méta-analyse signale un risque de gonarthrose 1,6 fois plus élevé chez les travailleurs debout comparés aux travailleurs assis [82].

6. Troubles axiaux : le genu varum semble, de façon incontestable, favoriser la survenue d'une gonarthrose fémorotibiale par le biais d'une augmentation des contraintes transarticulaires sur le compartiment interne. Par contre, l'association gonarthrose genu valgum semble moins forte. Par ailleurs, la survenue d'un flexum est fréquente au cours de la gonarthrose et constituerait un facteur aggravant; Il est démontré que les troubles de l'alignement statique des membres inférieurs (axes mécaniques obtenus à partir de radiographies de face des genoux ou de données de télémétrie) sont associés à la survenue d'une gonarthrose radiographique [83, 84]. Ainsi, les troubles de l'axe des MI contribuent à l'aggravation de gonarthroses déjà installées .

L'origine du genu varum : Il y a deux types de gonarthrose fémoro-tibiale interne.

a). Le genu varum constitutionnel : Ou la cause est une anomalie morphologique de la métaphyse tibiale, entraînant une surcharge du compartiment interne; alors dans ce cas, l'ostéotomie de valgisation serait "Correctrice" .

b). Le genu varum acquis : Souvent sur un membre inférieur de morphologie initiale normale, mais qui se déforme progressivement en varus, du fait de l'usure du compartiment interne.

Cette dégradation survient alors, lorsque les contraintes sur le compartiment l'emportent sur sa résistance mécanique et ce varum acquis correspond à un "tibia droit ". L'ostéotomie devient alors "Palliative" [85]. Pour apprécier si le genu varum est constitutionnel ou purement

dégénératif, on doit apprécier la déformation épiphysaire tibiale par la mesure de l'angle épiphysaire selon la méthode de Levigne [86].

Il est important de faire la part des choses entre ces deux types de genu varum.

Goutalier[87], en effet a insisté sur la différence de pronostic entre les ostéotomies tibiales pour genu varum constitutionnel et genu varum acquis .

Le genu varum acquis peut être secondaire à :

- Une coxa vara,
- Une fracture des plateaux tibiaux,
- Un rachitisme,
- La maladie de **Paget**,
- La maladie de **Blount** .

Certains facteurs peuvent aggraver le genu varum :

- Une nécrose du condyle interne,
- Une surcharge pondérale,
- Une laxité chronique antérieure du genou,
- Une lésion du ménisque interne et la ménissectomie,
- Une transposition intempestive de la tubérosité tibiale antérieure (TTA).

Au terme d'un examen clinique, parfaitement conduit et cela, en prévision d'une intervention chirurgicale. Il faut savoir sentir dès le départ, les éventuelles difficultés opératoires, après une correcte évaluation de l'état général de la patiente et bonne analyse du morphotype, de l'état cutané et/ou cicatriciel du genou, de l'évaluation de la mobilité articulaire, de la balance ligamentaire avec une totale étude de ses articulations.

VIII. Etude clinique

Le genou est une articulation complexe et anatomiquement instable formée de trois compartiments majeurs : les compartiments fémoro-tibiaux internes et externes et le compartiment fémoro-patellaire. Chacun de ces compartiments peut être atteint de façon isolée ou en association. La gonarthrose est responsable d'une douleur articulaire, d'une raideur et d'une limitation de l'amplitude articulaire. La douleur est typiquement d'horaire mécanique, s'aggravant avec l'activité physique impliquant une mise en charge des membres inférieurs. Elle peut être associée à une raideur matinale ou après une période d'inactivité plus ou moins longue.

1. Anamnèse

L'interrogatoire est fondamental dans la recherche de l'étiologie, il est important de connaître les antécédents du patient.

la chirurgie des ménisques augmenterait le risque de gonarthrose de 20 à 40% après 30 ans par rapport à un genou normal [88]. Mais c'est surtout l'association à une rupture du ligament croisé antérieur qui augmenterait le risque arthrogène [89]), ainsi que les lésions chondrales ou encore la notion de fracture de la rotule, de l'extrémité inférieure du fémur ou une fracture des plateaux tibiaux qui prédispose par excellence au développement d'une arthrose post-traumatique [90], [91], il faut également rechercher l'existence d'antécédents d'arthrite septique, mais aussi les activités et les doléances du patients, son mode

La douleur : c'est le maître symptôme et le premier motif de consultation, le plus souvent, le début des symptômes est progressif, se manifestant par des douleurs intermittentes, d'allure mécanique, survenant à la marche, généralement après un certain périmètre de marche. Elles siègent en regard de l'interligne fémoro-tibial interne, ou sont antéro-latérales. Elles sont plus rarement externes ou postérieures ou intéressent l'ensemble du genou, la sévérité de l'atteinte peut être rapidement évaluée à l'interrogatoire par l'indice algo-fonctionnel de **Lequesne (Figure 49)** qui apprécie la douleur au repos, à la marche, le périmètre de marche, et les difficultés dans certains gestes de la vie courante, les douleurs sont aggravées par la marche en terrain accidenté, par le passage d'une position assise à une position debout, par la descente des escaliers

Il faut savoir que les douleurs dans les mouvements de flexion en charge (montée-décente d'escalier, signe du cinéma soulagé par l'extension du genou), sont plus en faveur d'un syndrome fémoropatellaire ; mais on sait aujourd'hui qu'il n'y a aucune relation dans le genu varum avec arthrose fémoro-tibiale interne, entre la pathologie clinique et radiologique de la fémoro-tibiale et de la fémoropatellaire [62]. On recherche l'existence de facteurs de dérangements intra articulaires : blocages, accrochages. La cause de la douleur au cours d'une gonarthrose est rarement unique.

Nom :

Sexe : M F

Age :

Date :

Indice algofonctionnel de Lequesne pour la gonarthrose

I. Douleur ou gêne	Points	II. Périmètre de marche maximum (en acceptant gêne et douleur)	
A. Nocturne, au lit		F • Aucune limitation	0
• Non	0	• Limité, mais supérieur à 1 km	1
• En mouvement ou selon la posture	1	• Environ 1 km (environ 15 minutes)	2
• Même immobile et durablement	2 <input type="checkbox"/>	• 500 à 900 m (environ 8 minutes)	3
B. Dérouillage matinal		• 300 à 500 m	4
• Absent ou moins de 1 minute	0	• 100 à 300 m	5
• Pendant 1 à 15 minutes	1	• Moins de 100 m	6
• Plus de 15 minutes	2 <input type="checkbox"/>	G • Avec une canne (ou une béquille)	+ 1
C. A la station debout ou s'il faut piétiner pendant 1/2 h		• Avec deux cannes (ou cannes-béquilles)	+ 2 <input type="checkbox"/>
• Non	0	III. Difficulté de la vie quotidienne	
• Oui	1 <input type="checkbox"/>	<i>0 : pas de difficulté - 0,5, 1 ou 1,5 : suivant le degré - 2 : impossible</i>	
D. A la marche		H • Pour monter un étage	0 à 2 <input type="checkbox"/>
• Non	0	I • Pour descendre un étage	0 à 2 <input type="checkbox"/>
• Seulement après une certaine distance	1	J • Pour vous accroupir complètement	0 à 2 <input type="checkbox"/>
• Très rapidement et de façon croissante	2 <input type="checkbox"/>	K • Pour marcher en terrain irrégulier	0 à 2 <input type="checkbox"/>
E. En vous relevant d'un siège sans l'aide des bras		Total <input type="checkbox"/>	
• Non	0		
• Oui	1 <input type="checkbox"/>		

Figure 49 l'indice algo-fonctionnel de Lequesne[92]

Les lésions sont souvent multiples et intriquées au premier rang desquelles se situent l'atteinte osseuse et synoviale. Les lésions méniscales sont rarement douloureuses mais il ne faut pas méconnaître une lésion instable dont seule la résection soulage le patient.

2. L'examen clinique

À l'examen, dès l'inspection, on apprécie les éventuelles déformations en varum ou en valgum. Le genou peut être augmenté de volume en rapport avec un pannicule adipeux périrotulien, un épanchement ou la déformation des extrémités osseuses dans la gonarthrose évoluée.

La palpation des interlignes et de l'insertion des ligaments sur leur insertion condylienne et tibiale reproduit la douleur [93].

La flexion est généralement respectée, restant longtemps supérieure à 90°. Par contre, il est possible dans les arthroses évoluées de constater un flexum du genou, ce qui déplace les forces de pression à la partie postérieure de l'articulation et majore par là même l'arthrose aboutissant à une déformation en cupule du plateau tibial.

Le patient peut signaler des épisodes de déroboement pouvant correspondre à une laxité ligamentaire favorisée par la gonarthrose, ou à un épanchement.

On recherche également une hyperlaxité ligamentaire, conséquence de l'usure ostéocartilagineuse, qui peut être uniquement latérale entraînant des mouvements de latéralité, ou à la fois latérale et antéro-postérieure entraînant des mouvements de latéralité et de tiroir, ceci aboutit à une gêne à la marche avec risque de déroboement du genou. Dans les formes évoluées, on note une insuffisance quadricipitale avec amyotrophie.

Le poids, la taille, le calcul de l'indice de la masse corporelle (IMC), sont des éléments importants à rechercher, Le risque de gonarthrose est majoré de 15 % pour chaque augmentation d'une unité de l'IMC[94]

L'examen debout : recherche la déviation axiale " genu varum " (**Figure 50**) : évaluée par l'importance de l'écart inter condylien entre les deux genoux. La plupart du temps le genu varum est idiopathique, constitutionnel, souvent familial. Dans ce cas, il est le plus souvent d'origine tibiale [95]. Apprécier l'appui monopodal, est-il possible ? stable ? douloureux ? L'accroupissement - relèvement, est-il possible ? douloureux ?

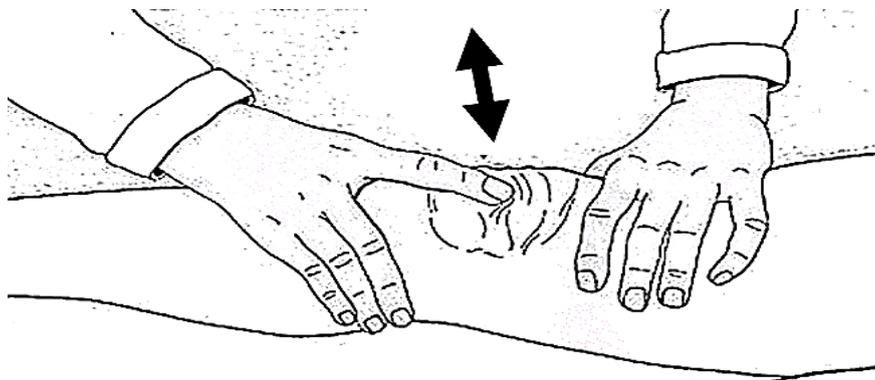


Figure 50 : Déviation Axiale Genu varum / Genu valgum

A la marche : rechercher une boiterie, accentuation de la déformation axiale à chaque appui, la dérobade varisante de **BLAIMONT** : accentuation de la déformation à la marche, témoin de l'insuffisance du système stabilisateur externe.

L'instabilité : elle peut être subjective sans cause anatomique, dite réflexe, par inhibition nociceptive du quadriceps. Habituelle à la marche, dans les escaliers, mais aussi pour s'asseoir ou se lever d'un siège.

L'examen couché : apprécie l'état cutané et d'éventuels facteurs de risques : genou multicicatriciel, lymphœdème, disparition des méplats du genou. Recherche un épanchement articulaire, hydarthrose : par le signe du glaçon, un kyste poplité. La série rotulienne : avec la mobilité de la rotule, des signes de souffrance de la fémoro-patellaire : Rabot - Zollen - Ficat (**Figure 51**)



Signe du glaçon

Figure 51 : Recherche d'un épanchement articulaire

L'amplitude articulaire est appréciée en décubitus dorsal (**Figure 52**). Une limitation de la flexion peut entraîner des difficultés techniques d'exposition (pour l'éversion de la rotule et la luxation fémoro-patellaire).



Figure 52 : Mobilité du genou en décubitus dorsal.

Etudier la mobilité du genou dans le plan sagittal : rechercher un flessum clinique, un déficit de flexion, un déficit d'extension. Un flessum passif traduit une rétraction des formations postérieures qui nécessite la libération des coques condyliennes et des ostéophytes postérieurs, alors qu'un flessum actif traduit une faiblesse de l'appareil extenseur dont il faudra tenir compte [96].

Il faut savoir rechercher une laxité latérale (**Figure 53**). La laxité de la concavité joue le rôle le plus nocif. Elle est due dans le genu varum au relâchement du ligament collatéral médial du fait de l'usure cartilagineuse et osseuse du compartiment fémoro-tibiale interne. Son origine est essentiellement osseuse [12],[97].



Figure 53 : Recherche d'une latéralité en valgus, genou en flexion de 20 à 30°.

Il faut également rechercher une laxité sagittale vérifiant l'intégrité du ligament croisé antérieur et postérieur par des manœuvres de tiroir antérieur, Trillat-Lachman. (**Figure 54**)



Figure 54 : Recherche d'une laxité antérieure

Mesurer le périmètre de la cuisse à la recherche d'une amyotrophie du quadriceps. Il est important de faire l'examen de la hanche homolatérale car il s'agit d'un même segment porteur. L'examen du pied permet la recherche d'une déformation réductible ou fixée ou d'un trouble statique du pied.

L'examen de l'état vasculaire des membres inférieurs est fondamental en raison des risques thromboemboliques que comporte la chirurgie du genou. Recherche une éventuelle inégalité de longueur des membres inférieurs.

Recherche d'un foyer septique latent : dentaire, prostatique, urinaire ou pulmonaire

Les arthroses du genou sont fréquentes, mais leur retentissement clinique est variable. Au-delà de la cinquantaine c'est la première cause de douleur du genou, ce qui permet à l'American College of Rheumatology de proposer des critères de classification simples fondés uniquement sur la clinique : un patient est considéré comme atteint d'une gonarthrose s'il souffre d'une **douleur** du genou et s'il répond à au moins **trois** des six critères suivants :

- Âge > 50 ans,
- Raideur matinale < 30 minutes,
- Crépitements Douleur osseuse périarticulaire à l'examen,
- Hypertrophie osseuse périarticulaire ;
- Absence de chaleur locale à la palpation.
- Les performances

IX. ETUDE RADIOLOGIQUE

L'imagerie a un rôle important à jouer dans le diagnostic positif, le diagnostic de gravité et dans la démarche thérapeutique. Elle peut permettre de confirmer le diagnostic d'arthrose, d'évaluer le ou les compartiments atteints, et enfin, d'évaluer l'importance de l'atteinte. L'imagerie permet d'affirmer la responsabilité de l'arthrose dans la symptomatologie, et enfin, de suivre l'évolution de la maladie au cours du traitement.

Plusieurs types d'imagerie permettent d'évaluer la gonarthrose : la radiographie simple, l'IRM et l'arthroscanner. Le scanner n'apporte pas de renseignements supplémentaires à la radiographie et l'échographie n'est pas adaptée.

On augmente les critères de classification de l'American College of Rheumatology en ajoutant la radiographie parmi les critères et, dès lors, un patient est considéré comme atteint de gonarthrose s'il souffre d'une douleur du genou et s'il répond à au moins un des trois critères cliniques suivants (-âge > 50 ans- raideur matinale < 30 minutes, Crépitement et s'il présente des ostéophytes à la radiographie du genou). La sensibilité reste bonne (91 %) et la spécificité augmente (86 %) [98]. Cette Classification ne concerne cependant que l'arthrose fémorotibiale.

En raison de la complexité et de la mobilité de l'articulation du genou et de ces différents compartiments à étudier, ainsi que la richesse de sa pathologie, les classiques clichés de face et de profil sont devenus insuffisants. C'est pour cela qu'ils se voient complétés par de nombreuses incidences supplémentaires [99]:

- Clichés standards de face en charge,
- Clichés de profil en légère flexion,
- Incidences axiales à 30°-60°(fémoro-patellaires),
- Une goniométrie des deux membres inférieurs,
- Clichés dynamiques de face en varus forcé - valgus forcé,
- Clichés de face à 30° de flexion incidences en " SCHUSS ".

Ces radios nous permettent d'apprécier les signes radiologiques d'arthrose déjà bien connus :

- Le pincement de l'interligne articulaire, uni, bi ou tricompartmentaire,
- L'ostéocondensation,
- Les géodes sous-chondrales,
- Les ostéophytes, notamment postérieurs, derrière le tibia et derrière les condyles qui peuvent gêner la flexion, ou antérieurs et prétibiaux gênant l'extension.
- Il nous permet également de calculer les déviations angulaires fémoro-tibiales dans le plan frontal.

L'ostéophyte n'est pas un signe d'arthrose, mais une réaction non spécifique de l'os.

Le dossier radiologique doit constituer un instantané pouvant être comparé facilement à d'autres clichés réalisés précédemment ou ultérieurement. Le scanner est un excellent outil pour repérer

les pertes de substance cartilagineuse. L'IRM apparait particulièrement adaptée à l'étude du cartilage.

A. Les incidences

1 . Incidences de face

La position debout (uni ou bipodal) est la seule position permettant l'étude des interlignes fémoro-tibiaux et de la statique frontale (**Figure 55**), en extension : position habituelle de référence .

La radiographie de face permet de mettre en évidence une:

- Laxité externe ou décoaptation externe : en appui monopodal et en extension, retrouvée dans 40% des genoux normaux.
- Laxité interne ou décoaptation interne : ne s'observe jamais sur des genoux normaux, il n'existe pas, même en cas de genu valgum de bâillement interne en appui et en extension.

A 30° de flexion : " SCHUSS " (**Figure 56**) : dégage l'échancrure inter condylienne et la partie postérieure des condyles et des interlignes . Elle a pour effet de visualiser l'épaisseur réelle du segment postérieur, souvent préférentiellement usé des cartilages fémoro-tibiaux.

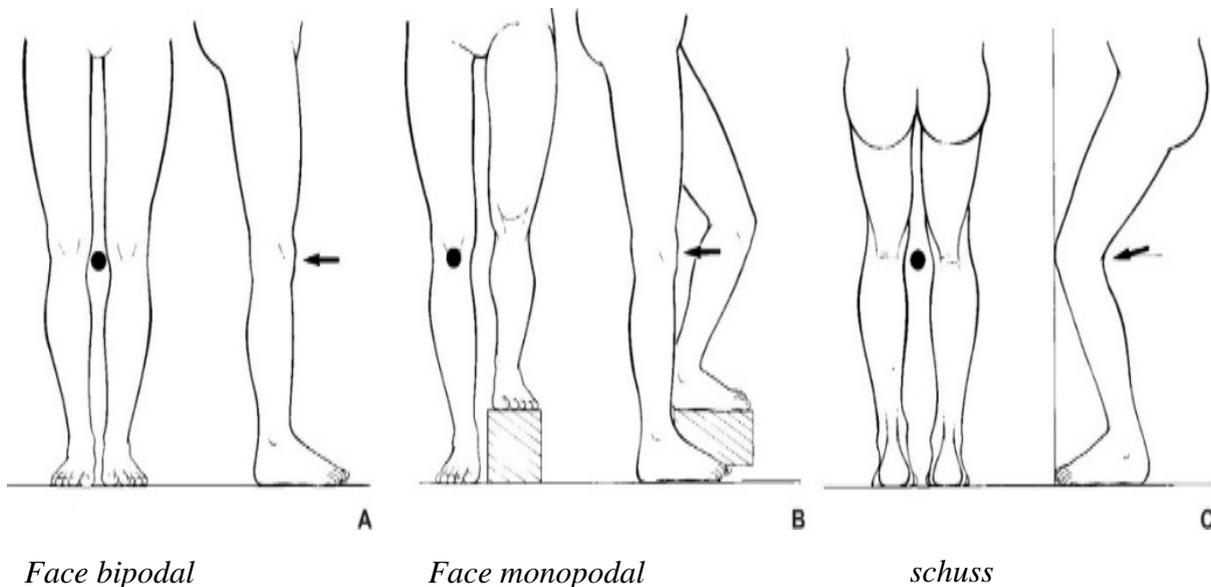


Figure 55 Radiographie à 30° de flexion SCHUSS [99]



A. Radiographie en charge et en extension du genou droit, pincement modéré de l'interligne fémorotibial interne.
B. Sur l'incidence en schuss lyonnais, le pincement est nettement plus sévère sur le compartiment médial.

Figure 56 Incidence de face

La plupart des classifications radiologiques des gonarthroses s'intéressent soit au pincement, soit aux ostéophytes, soit aux deux. L'ostéophyte est le signe radiographique le plus spécifique d'arthrose. Il peut cependant survenir tardivement réduisant sa sensibilité probablement plus que le pincement.

La classification de **MENKES** est basée principalement sur le pincement [100] :

Stade 1 : moins de 50 % de pincement

Stade 2 : pincement de 50 % à 90 %

Stade 3 : pincement complet

Stade 4 : usure osseuse modérée (2-3 mm)

Stade 5 : usure osseuse marquée (4-6 mm)

Stade 6 : usure osseuse sévère +1 si ostéophytose marquée.

AHLBÄCK , plus tôt, avait décrit une classification tenant compte du pincement puis des remaniements osseux sous-chondraux considérés comme d'apparition plus tardive :

Stade 1 : pincement articulaire (hauteur < 3 mm)

Stade 2 : pincement complet

Stade 3 : usure osseuse modérée (0-5 mm)

Stade 4 : usure osseuse moyenne (5-10 mm)

Stade 5 : usure osseuse majeure (> 10 mm)

La classification **d'Ahlback** est considérée comme étant la référence dans la classification de l'arthrose fémoro-tibiale. La majorité des auteurs l'utilisent d'ailleurs dans leurs études et publications à ce jour.[293]

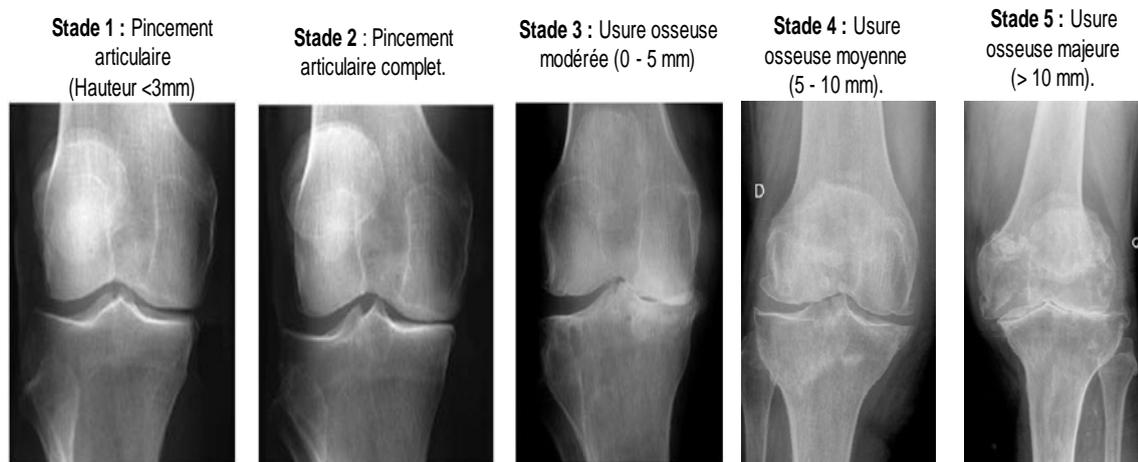
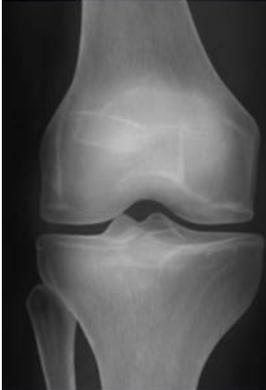
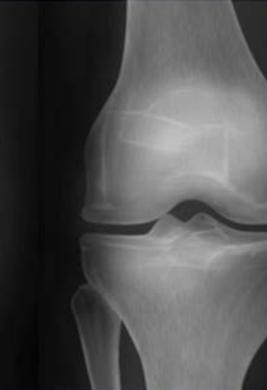
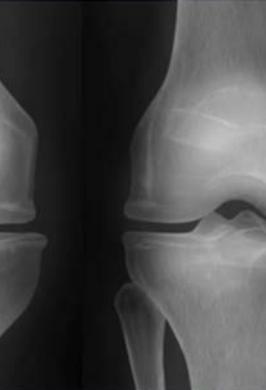


Figure 57 classification D'Ahlback reprise et modifiée par H. Dejour[293]

Kellgren-Lawrence (KL) grading scale					
					
Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4		
CLASSIFICATION	Normal	Doubtful	Mild	Moderate	Severe
DESCRIPTION	No features of OA	Minute osteophyte: doubtful significance	Definite osteophyte: normal joint space	Moderate joint space reduction	Joint space greatly reduced: subchondral sclerosis

Kellgren et Lawrence [4] se sont intéressés à l'ostéophytose

Stade 1 : ostéophytes mineurs,

Stade 2 : ostéophytes sans pincement artulaire,

Stade 3 : pincement artulaire modéré,

Stade 4 : pincement artulaire avec ostéocondensation sous-chondrale .

Vignon, plus récemment a essayé de scinder en deux parties le pincement et l'ostéophyte
(Figure 58) [101].

0 : Pas de pincement 1 : Pincement douteux 2 : Pincement certain 3 : Pincement $> 2/3$ au coté opposé 4 : Pincement complet 5 : Pincement et érosion osseuse.

a. Ostéophytes :

- 0 : Pas d'ostéophyte
- 1 : Doute sur un ostéophyte
- 2 : Ostéophyte du plateau tibial
- 3 : Large ostéophyte du plateau tibial .

Figure 58:classification selon vignon[101]

2). Incidence de profil

Permet de déterminer le siège de l'usure maximale, avec la recherche d'une cupule centrale ou postérieure. Il nous permet également d'apprécier l'articulation fémoro-patellaire, de mesurer la hauteur rotulienne selon l'indice de **Deschamps-Caton** et de mesurer la pente tibiale et les lésions associées telles que les troubles d'engagement rotulien. **(Figure 59)**

N B : Le pincement est en général maximum à la partie moyenne du plateau tibial interne.

-S'il y a une lésion du LCAE, ou une très faible pente tibiale: la cupule est décalée en avant.

-S'il y a une lésion du LCPI, ou une très forte pente tibiale: la cupule est plus postérieure[102].

a. Index de Caton – Deschamps [103, 104]

Sur un genou de profil, en flexion à 30° . C'est le rapport A/B. Avec A : Distance entre le bord inférieur de la surface articulaire patellaire et le coin antéro supérieur du tibia

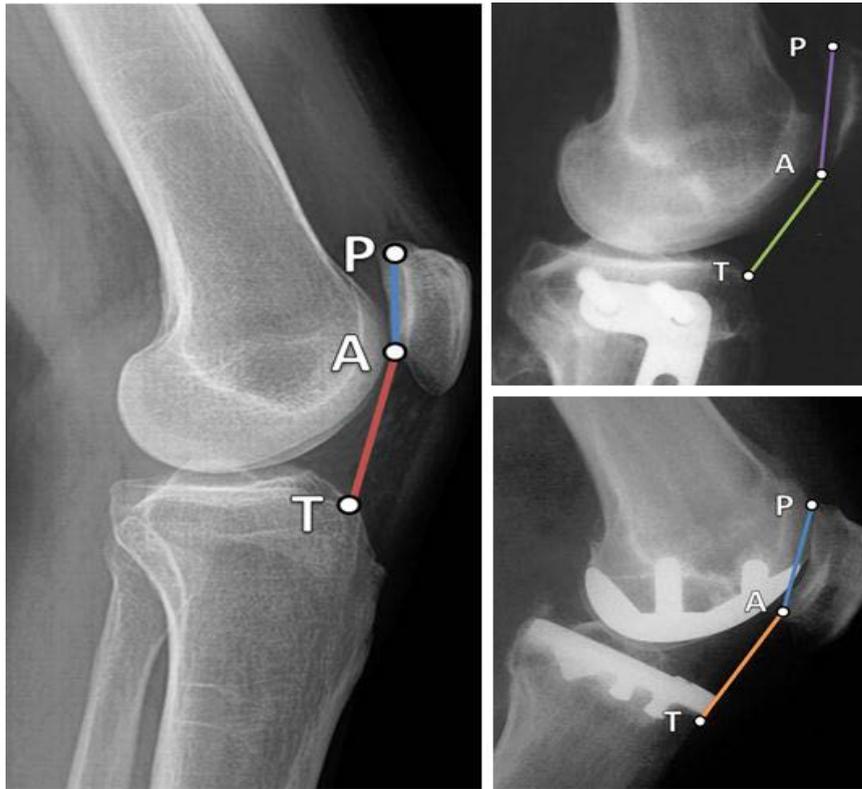


Figure 59 : Index de Caton – Deschamps[104]

(pas toujours nettement indentifiable) et B : Hauteur de la surface articulaire patellaire.(figure 60)

- **Patella Normale : $A/B = 0,8$ à $1,2$;**
- **Patella Alta : $A/B \geq 1,2$;**
- **Patella Baja : $A/B \leq 0,8$.**

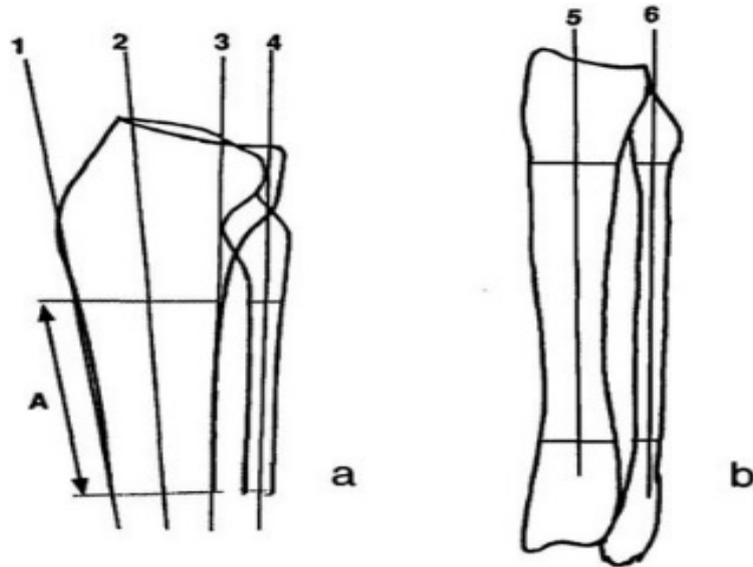
Une patella trop haute, entraîne un engagement tardif sur la trochlée et favorise l'instabilité. Une patella trop basse, est source d'hyperpression. Cet index ne dépend pas du degré de flexion du genou (valable entre 10° et 90°).

3). La pente tibiale

Les plateaux tibiaux, ne sont pas horizontaux dans le plan sagittal. On note une légère différence de 2° à 3° d'inclinaison entre plateau externe et interne. Cette inclinaison des plateaux sur le plan sagittal est la pente tibiale. L'inclinaison du plateau tibial interne est en pratique seule analysée, compte tenu des difficultés de reconnaissance des limites du plateau tibial externe. On mesure ainsi, l'angle entre la tangente des rebords antérieur et postérieur du plateau tibial interne et une droite perpendiculaire à un axe de référence.

Six axes de références ont été décrits [105]: corticale tibiale antérieure [106], axe anatomique tibial proximal, axe anatomique diaphysaire tibial, corticale tibiale postérieure [107], axe diaphysaire fibulaire proximal ou axe diaphysaire court [108], axe diaphysaire fibulaire. Sa valeur moyenne est située entre (5° - 10°).

La pente tibiale peut être déterminée manuellement, de manière fiable sur un cliché de profil strict du squelette jambier, en utilisant comme axe de référence la méthode de **Dejour**, ou en utilisant comme axe de référence la corticale tibiale postérieure (**Figure 60**) [109].



1- tibiale antérieure proximal.

3- Corticale tibiale postérieure.

5- Axe anatomique tibial long.

2- Axe anatomique tibial

4- Axe fibulaire court.

6- Axe fibulaire long.

Figure 60 : Différents axes de mesure de la pente tibiale [109]

Julliard [110], a proposé le calcul de la pente tibiale fonctionnelle, définie comme étant le complément de l'angle formé par la tangente au plateau tibial interne et l'axe mécanique de profil de la jambe, qui serait plus précise en matière de chirurgie du LCAE et du genu recurvatum

4). Incidences tangentielles fémoro-patellaires

La projection de la rotule dépend de plusieurs paramètres : Degré de flexion, Contraction du quadriceps ou Rotation du squelette jambier. Ainsi pour explorer la rotule sur différents niveaux, on réalise des incidences à 30° de flexion, 60° et accessoirement 90° (la moins utile car la rotule est toujours centrée et appliquée contre la trochlée). Elles nous renseigneront sur l'aspect ostéo-cartilagineux de la rotule ainsi que sur sa cinématique : luxation, subluxation (**Figure 61**).



Figure 61 : Vue axiale à 30° de flexion (subluxation latérale de la rotule et arthrose fémoro-patellaire).

Nous pouvons ainsi, évaluer sur cette incidence, la bascule de la rotule par la mesure de l'angle de **Laurin [57]** qui est l'angle fémoro-patellaire latéral, compris entre la tangente à la facette patellaire latérale et la ligne joignant les berges trochléennes médiales et latérales. La translation latérale de la rotule est aussi, appréciée sur l'incidence fémoro-patellaire à 30° de flexion : C'est la distance entre la crête patellaire et la gorge trochléenne. Si elle est inférieure à 5 mm : c'est une patella qui est bien centrée. Au-delà de 5 mm de translation : il y a une subluxation latérale de la patella.

Le cliché axial à 30° de flexion, permet d'analyser le pincement articulaire et le contact os - os entre trochlée et rotule. On appréciera la latéralité de l'arthrose, le plus souvent externe ; l'importance de l'ostéophytose ; le caractère subluxé ou centré de la rotule.

Iwano [111] a avancé une classification simple de l'arthrose fémoropatellaire externe :

- **-Stade I** : Arthrose au début avec un pincement < à 3 mm,
- **Stade II** : Interligne conservé mais pincement > à 3 mm,
- **Stade III** : Pincement complet touchant au maximum $\frac{1}{4}$ de la surface articulaire,
- **Stade IV** : Pincement articulaire complet, avec contact osseux de l'ensemble de la facette articulaire rotulienne.

5). Clichés dynamiques en varus forcé et valgus forcé

Ce sont ces clichés qui permettent d'apprécier l'intégrité du compartiment sain et le degré d'atteinte de celui que l'ostéotomie va mettre en décharge .

En effet la hauteur de l'interligne persistant est celle du cartilage tibial et fémoral, qui divisé en deux nous donnera la valeur de chaque surface cartilagineuse saine (ou intacte).

Ces clichés dynamiques objectivent la laxité périphérique, l'importance de l'usure osseuse et l'état du compartiment fémoro-tibial controlatéral (**Figure 62**).

Dans l'arthrose interne, le cliché en valgus forcé montre la laxité de la concavité. Le cliché en varus montre l'importance de la cupule et de la laxité externe [112]. Dans ce cas, si l'on réalise une ostéotomie insuffisante alors qu'il existe une laxité externe, le varus se reconstituera [113].

Dans le genu-varum, le cliché dynamique en valgus, fait bailler le compartiment interne, il permet de faire la part entre usure osseuse et laxité ligamentaire. Le compartiment externe est mis en compression faisant disparaître l'éventuelle décoaptation fémoro-tibiale observée sur un cliché en charge. On estime que l'interligne normal, mesuré à l'endroit le plus étroit

, doit être de 04 mm minimum, et si l'interligne est $>$ a 04 mm l'ostéotomie devient contre indiquée [114].

a : Cliché en varus forcé : Pincement complet en médial.

b : Cliché en valgus forcé : Ouverture de l'interligne fémoro-tibial médial.



Figure 62 : Clichés dynamiques du genou.

6). Goniométrie

Un cliché télémétrique de face strict, selon la technique décrite en 1967 par **Duparc** et **Massare**[56]. Et cela après avoir déterminé le véritable profil du genou, tel que décrit par **Ramadier**[115], qui définit le plan frontal par un profil de référence : Le profil vrai qui définit le plan frontal du genou sans avoir à se soucier des anomalies de torsion tibiale, de la position de la rotule ou du flessum.

Le profil vrai est déterminé par la superposition des bords postérieurs des condyles fémoraux. Ce plan bicondylien est ainsi le plan de référence. Un rayon perpendiculaire à ce plan donnera la face vraie du genou

La mesure de la déviation angulaire fémoro-tibiale dans le plan frontal nécessite la prise sur un même cliché de la totalité du membre inférieur, hanche et chevilles incluses. Elle permet de confirmer le type de déviation axiale constatée cliniquement.

L'utilisation de mesure uniquement métaphysaire, même sur grande cassette, est à l'origine d'une imprécision qui peut atteindre 5°, voir plus en cas de flessum. Nous utilisons la technique de profil vrai [85]. La mesure repose sur la détermination des axes mécaniques radiologiques des membres inférieur décrits par **Duparc -Massare** [56] (Figure 63).

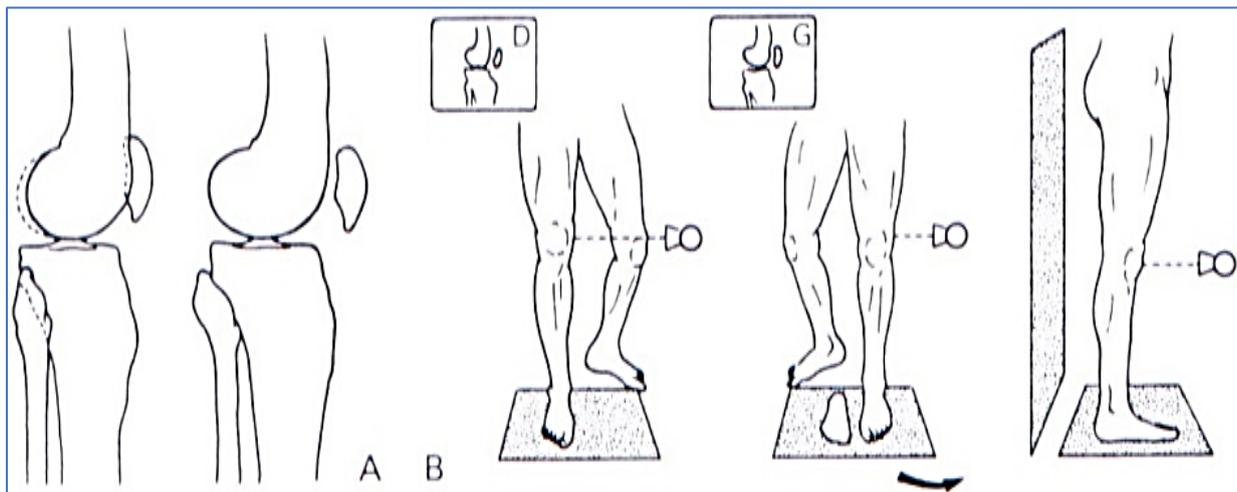


Figure 63: Pangenogramme en appui bipodal. Langlais [86,116,117].

Les causes d'erreurs de cette mesure " pangenogramme " concernent principalement la position de rotation du membre inférieur. L'angulation frontale est sous-estimée si le rayon n'est pas perpendiculaire au plan frontal, pour définir ce dernier. Le "profil vrai" sert de référence [116], [85],[117].

Le pangenogramme est la base de l'étude pré et post opératoire des déviations frontales du genou. L'existence d'une laxité ligamentaire frontale crée des problèmes d'interprétation de la goniométrie, donc du calcul de la correction chirurgicale [113] à réaliser.

L'examen réalisé debout en appui bipodal est satisfaisant pour apprécier les différentes angulations, mais perd sur l'appréciation de la laxité de la convexité. En appui monopodal, il n'est pas toujours possible à réaliser et à contrôler : sujets instables, du fait de la douleur et de l'âge avancé.

L'angle épiphysaire tibial proximal : Angle décrit par Levigne et Dejour (**Figure 64**).[85, 86]

L'anatomie radiographique normale de l'extrémité proximale du tibia a été définie par **Moreland et al [118]**. L'angle entre l'axe anatomique du tibia et la tangente aux bords supérieurs des plateaux tibiaux est en moyenne incliné en varus de 3°.

En absence d'usure osseuse, cet angle mesure la déformation osseuse épiphysaire proximale du tibia, dite constitutionnelle, **Cooke et Al [119]**.

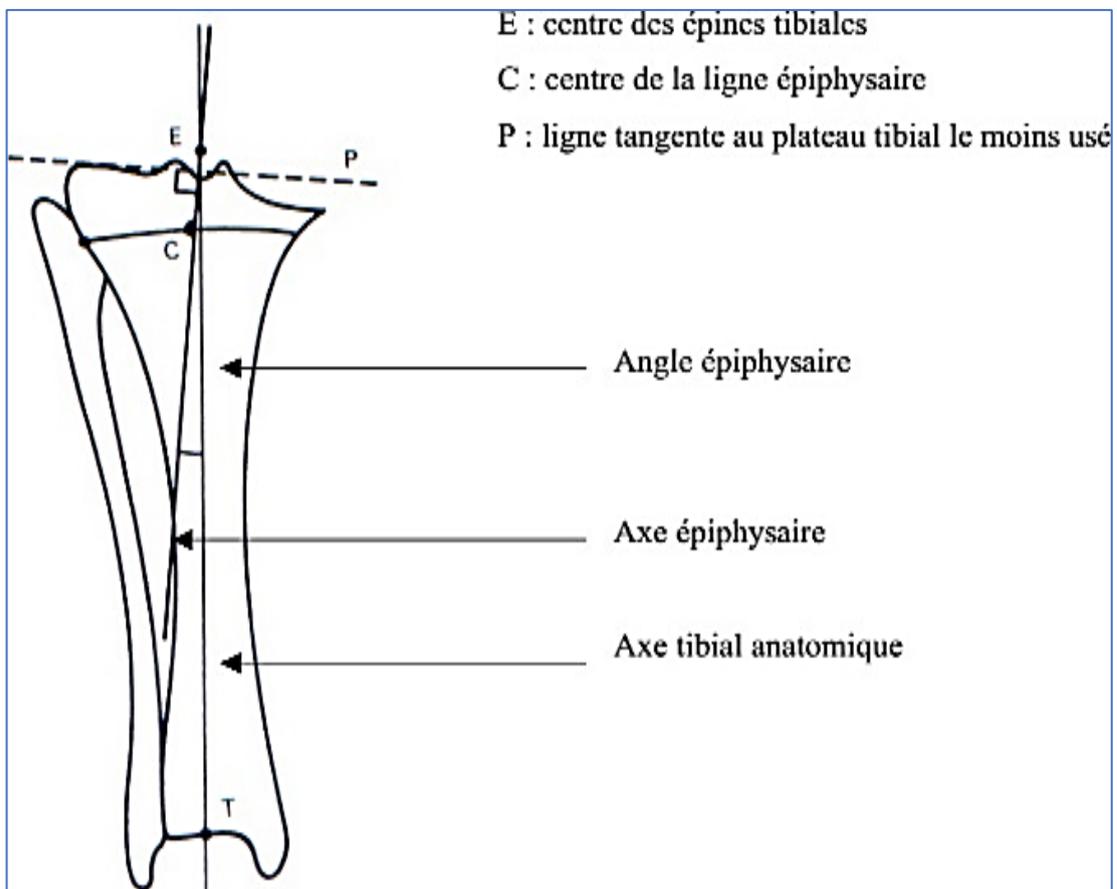


Figure 64: Calcul de l'angle de Levigne et Dejour [85,86].

On peut également le mesurer, en prenant la ligne joignant le milieu du cartilage de croissance au milieu des épines et l'axe mécanique du tibia [63], [120]. Cette mesure n'est pas perturbée par l'usure osseuse. Elle est de 04° en moyenne.

Dans un morphotype en varus, le varus peut être constitutionnel ou secondaire à l'usure du plateau tibial interne que l'on rencontre dans l'arthrose voir les deux. La mesure de l'angle épiphysaire permet de préciser l'étiologie :

- S'il est supérieur à 05°, on parlera de varus constitutionnel
- S'il est inférieur à 02°, on parlera de varus secondaire dégénératif
- S'il reste entre les deux, l'étiologie restera indéterminée.

Goutalier [85], a insisté sur les résultats de l'ostéotomie de valgisation qui sont meilleurs lorsqu'il existe un varus constitutionnel [121], et c'est la déformation qui précède l'usure osseuse.

Néanmoins l'existence d'un "tibia droit" dans le genu varum acquis ne contre indique pas l'ostéotomie, mais constitue un facteur de pronostic moins favorable.

La technique de **Levigne** est la seule décrite dans la littérature, pour mesurer la part respectue, de la déformation constitutionnelle et de l'usure osseuse de l'extrémité supérieure du tibia [86].

Mathieu [120], lui y voit un intérêt thérapeutique préopératoire ou un varus épiphysaire > à 5° et une déformation extra articulaire irréductible, orientent vers une ostéotomie tibiale de valgisation. Une déformation réductible et d'origine intra articulaire orienterait alors, vers une prothèse unicompartimentale (PUC).

B. PLANIFICATION RADIOLOGIQUE

Cette planification radiologique préopératoire [122], permet de:

- Déterminer la taille des implants nécessaire à optimiser la correction axiale,
- De prévoir la hauteur de la coupe tibiale et les éventuels gestes ligamentaires,
- D'estimer le degré de correction angulaire,
- Et de prévoir les difficultés peropératoires.

Cette planification diffère, selon que l'on veuille, pratiquer une arthroplastie totale du genou, ou une ostéotomie tibiale de valgisation (**Figure 65**).

En pratique, pour la réalisation d'une ostéotomie du genou, l'évaluation puis la réduction de l'écart varisant global semble être un meilleur guide que la seule déviation angulaire dans le calcul de l'angle de correction. La mesure des écarts varisants apparait comme la meilleure approximation des facteurs morphologiques en cause dans les gonarthroses fémoro-tibiales internes [123].

**APPUI
MONO-PODAL**



Le genou est déporté
par rapport
à la ligne gravitaire

Distance
Centre du Genou/
ligne gravitaire
=
**ECART
VARISANT**

Figure 65 : Ecart varisants selon Thomine [57].

La valeur de l'écart varisant mesurée selon la " demi-largeur du plateau tibial " donc indépendamment de la taille et du poids du sujet, serait comprise entre 1 et 1.5 avec une valeur extrême de 0.7 (c'est à dire que la ligne gravitaire a toujours été retrouvée en dehors du centre du condyle interne).

Nous savons tous aujourd'hui que dans un genou normo axé en appui monopodal, le poids du corps passe par le centre du genou et chaque plateau tibial subit une charge égale à la moitié du poids du corps.

Dans un genu varum , en appui monopodal , le plateau tibial interne serait en charge et le plateau tibial externe serait en décharge .

Imaginons un genu varum très important. En appui monopodal, l'écart varisant de ce genou serait très grand. Une ostéotomie tibiale de valgisation minimale qui réduirait le varus sans l'annuler, obtiendra un écart varisant **EV** diminué et les forces de compression vont également diminuer proportionnellement à l'écart varisant **EV**.

Si l'ostéotomie de valgisation amène l'écart varisant **EV** à **1.2** le genou devient "normo axé" et chaque plateau tibial reçoit une charge = à 1.1 x le poids du corps.

Si l'ostéotomie de valgisation est un peu plus importante, la ligne gravitaire rasera le bord interne du plateau tibial interne et l'écart varisant sera égal à un (**EV = 1**). Chaque plateau tibial reçoit une charge = poids du corps. Situation très favorable sur le plan biomécanique.

Si l'ostéotomie est encore plus importante et que la ligne gravitaire passe en dehors du centre du condyle interne, **EV < 0.66**, il y aura une tension sur le plan ligamentaire interne et le plateau tibial externe sera en charge permanente. **EV** devient valgissant, la situation n'est plus physiologique (**41**)

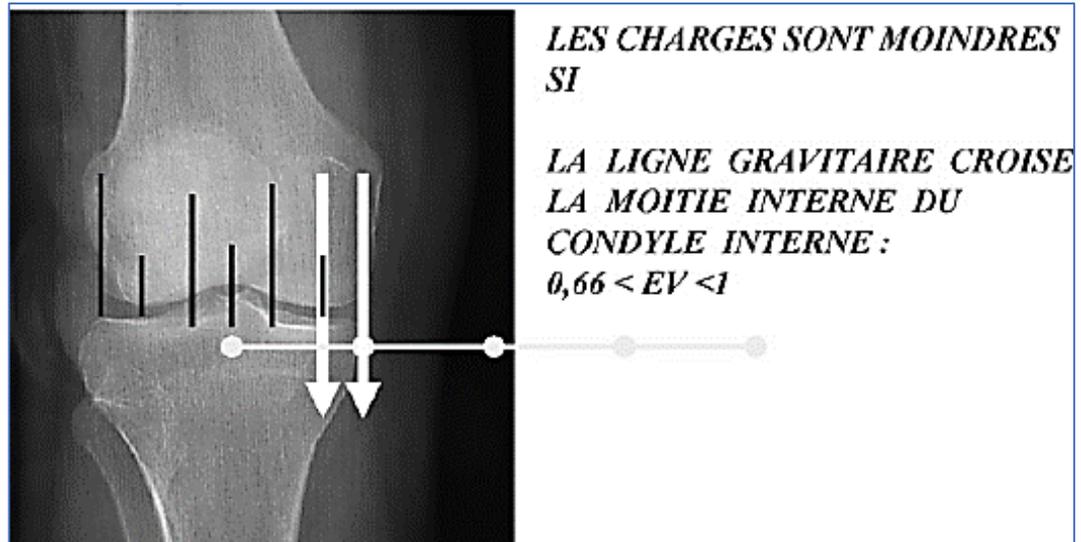


Figure 66: Planification opératoire [126]

Ainsi il apparaît sur le plan biomécanique, que si la ligne gravitaire en appui monopodal croise le milieu interne du condyle interne : EV reste entre 0.66 – la demi-largeur du plateau tibial. Les charges sur les plateaux tibiaux interne et externe seront minimales, tout en restant physiologique et c'est l'objectif à atteindre (Figure 66,67).

D'une manière générale, Il semble admis que 1° de correction de l'axe mécanique global correspond à une translation de cet axe de 3 à 4 mm. Tout en sachant que le calcul de l'angle de résection " correction " est égal à la différence entre l'angle des axes mécaniques prévu et l'angle des axes mécaniques préopératoires estimé [53].

Tous le monde est d'accord actuellement pour dire que :

- l'hypo correction conduit à un échec précoce [123],
- l'hypercorrection : 3°- 6° amène une correction optimale ([124] , [53] , [125], [123], [107],[85]).

Contrairement à la plupart des auteurs, la faible correction 1° à 3° ne serait pas corrélée avec la survie de l'ostéotomie de valgisation [126], [127].

l'hypercorrection de plus de 6°: n'est d'aucun intérêt. Elle n'apporte pas de meilleurs résultats qu'une valgisation de 3°à 6° et risque de créer des difficultés techniques en cas d'éventuelle arthroplastie ultérieure [128].

l'hypercorrection > à 10°, quant à elle est, à rejeter, car elle détruirait le compartiment externe [87], [123]

X. TRAITEMENT CHIRURGICAL

A. Indications des ostéotomies de correction (tibiale, fémorale)

Les indications des ostéotomies autour du genou, qu'elles soient tibiales, fémorales ou tibio-fémorales, peuvent être regroupées en trois types :

1/ arthrose mono-compartmentale ;

2/ laxité ligamentaire responsable d'une instabilité éventuellement associée à une arthrose débutante ;

3/ recurvatum.

La correction peut être réalisée dans un ou plusieurs plans, synonyme de correction bi, voire triplanaire, le cas échéant.

L'indication opératoire doit être posée sur la base d'un bilan radiographique complet et récent (face, profil, schuss, télémétriques mono et bipodal), parfois complété par un scanner à la recherche d'un éventuel trouble rotatoire et pour effectuer l'analyse d'un potentiel cal vicieux associé.

1er type : arthrose mono-compartmentale

Compte tenu de la prédominance des contraintes varisantes sur un genou axé, il est aisé de comprendre pourquoi la dégradation médiale sera plus rapide que la dégradation latérale, à déviation angulaire initiale équivalente. L'écart varisant intrinsèque (**EVI**) accentue l'effet d'un varus et limite celui d'un valgus, ce qui aura pour conséquence qu'un valgus sera plus longtemps toléré (**Figure 67**).

Joint Line Convergence Angle (JLCA) : un angle fondamental à prendre en compte !

Il est classiquement établi que **JLCA** normal est inférieur à 2° (**Figure 68**), légèrement plus élevé chez la femme. Cet angle correspond à l'angle entre la tangente aux surfaces articulaires fémorales et articulaires tibiales, mesuré en latéral.

donc pas de corriger la part intra-articulaire du varus. Cette hypercorrection, notamment avec un angle mécanique tibial supérieur ou Médial Proximal Tibial Angle (**MPTA**) à 95°, va induire une augmentation du JLCA postopératoire (qui est corrélée au JLCA préopératoire), et doit être considérée comme un facteur de mauvais pronostic du résultat fonctionnel.

Au-delà de ces 2° considérés comme la norme, elle doit être intégrée dans le calcul de la correction à réaliser. Retenons de façon simple qu'il faudra retirer à la correction globale que vous voulez réaliser : **(JLCA – 2) / 2**.

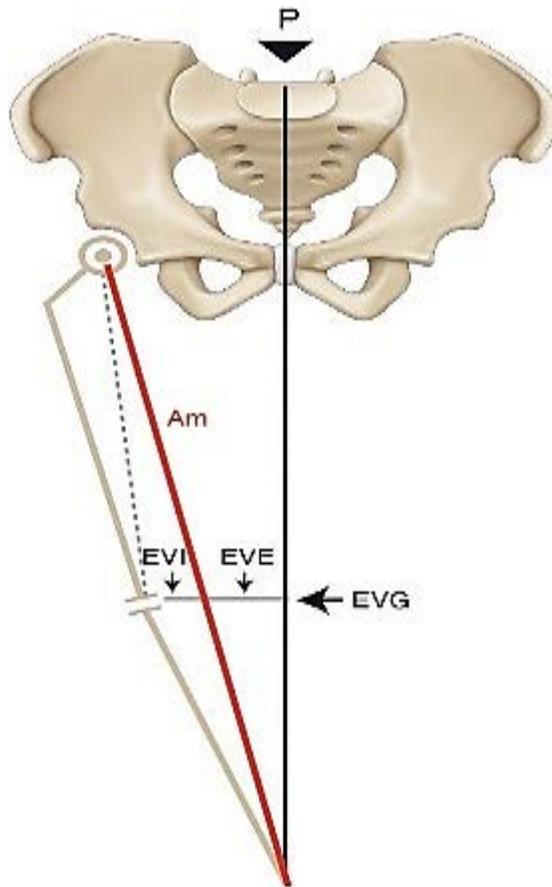


Figure 67 . *EVI et EVG selon Thomine La ligne rouge représente l'axe mécanique du membre inférieur en varus. P = poids du corps [57]*

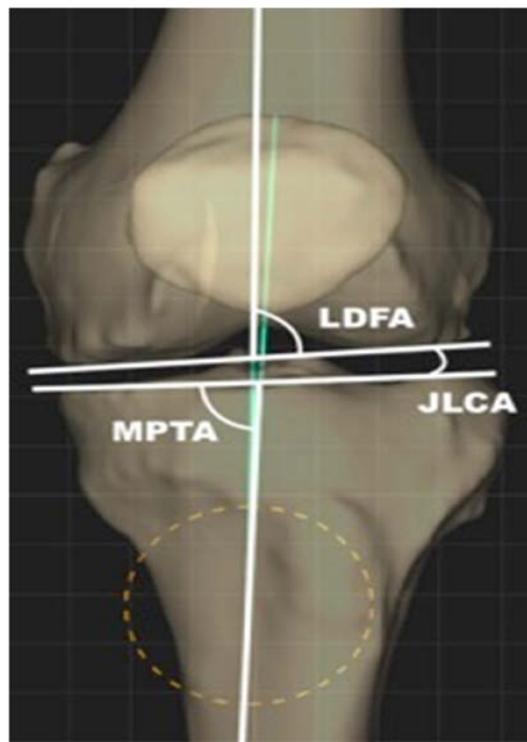


Figure 68 : *mesures anatomiques (LDA, MPTA, JLCA)[130,131]*

La prise en compte du JLCA au moment de la planification préopératoire d'une ostéotomie tibiale de valgisation est essentielle. Ce JLCA correspond au varus intra-articulaire prenant en compte l'usure intra-articulaire chondrale et la laxité ligamentaire. Il est inclus dans la mesure de l'angle Hip-Knee-Ankle (HKA) et augmente artificiellement celui-ci, ce qui, implicitement, va faire considérer une déformation faussement plus importante. Il est important de le prendre en considération dans la planification pour éviter une hypercorrection. En effet, une ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture médiale, notamment, aura peu d'influence sur le JLCA et ne permettra

- si l'on considère un angle HKA de 168° , avec un angle mécanique tibial de 6° , un angle mécanique fémoral normal, et un JLCA de 4° , et un objectif d'hypercorrection en valgus modéré de 3° ;
- **la correction « juste » qui devra être effectuée par une ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture médiale ; sera de 10° : $[6^\circ \text{ de correction du MPTA}] + [3^\circ \text{ d'hypercorrection modérée}] + [(4^\circ \text{ de JLCA} - 2) / 2 = 1^\circ]$.**

1) Objectif de la correction

Dans le traitement d'une arthrose monocompartimentale, le principe de l'ostéotomie est de décharger le compartiment atteint des contraintes mécaniques locales d'usure. Ainsi l'objectif à atteindre sera différent que l'on s'adresse à un varus ou à un valgus :

- **en cas de genu varum il faut annuler l'EVI** qui persiste en cas de normocorrection. Il est donc recommandé de valgiser avec une légère hypercorrection sans atteindre les dogmatiques 3 à 6° [24]. L'hypercorrection doit être légère, visant les $2-3^\circ$, mais avec comme règle fondamentale de ne pas dépasser les 93° pour l'angle tibial mécanique, ce qui permet de ne pas trop contraindre le compartiment latéral mais également de conserver un interligne articulaire horizontal. Si cet angle devait aller au-delà de 93° , il faut se poser la question d'une double ostéotomie, fémorale et tibiale. Cette hypercorrection permettra également de pallier le déficit du hauban latéral, qui, lui, s'oppose à la force du poids du corps (**Figure 69**);

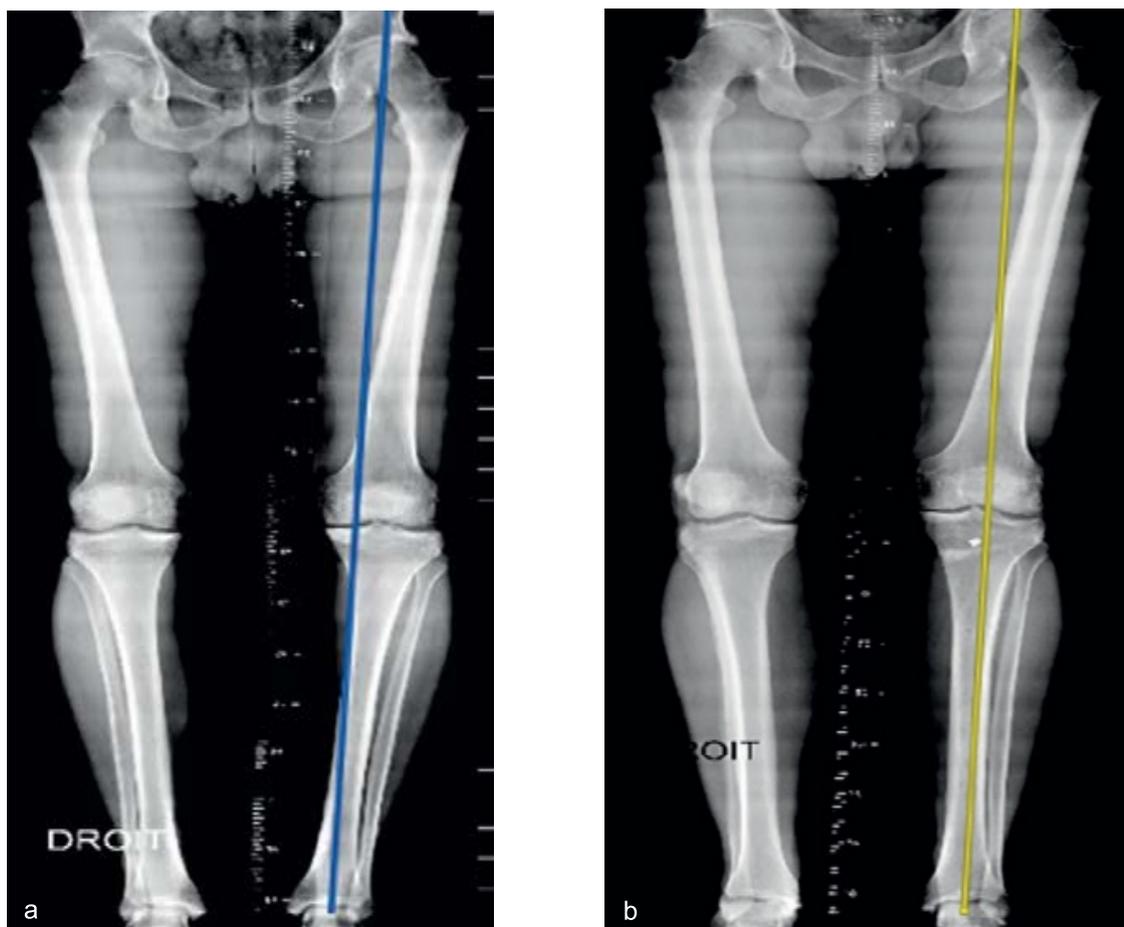


Figure 69 . Clichés pré et postopératoires ostéotomie tibiale de valgisation en cas de genu varum avec légère hypercorrection (axe postopératoire passant par épine tibiale latérale)

•**en revanche en cas de genu valgum**, les cibles angulaires de corrections sont controversées. Pour certains, afin de soulager le compartiment latéral sans surcharger le compartiment médial, et sans perturber le hauban latéral ni créer un EVI, il convient de normocorriger l'axe pour limiter l'apparition d'un écart varisant extrinsèque (EVE) (**Figure 70**). Un objectif à 0° ou 2° de varus est habituellement accepté [130],[131]. Pour d'autres au contraire, il faut sous-corriger avec un objectif de 2-4° de valgus résiduel [132], [133].

En tout état de cause, il est clairement établi qu'une hypercorrection en valgus ou en varus au-delà de 5° et/ou un angle tibial mécanique supérieur à 93° sont néfastes pour les résultats à long terme [134], [135].

2). Sièges de la correction

Pour les corrections frontales

En cas d'usure médiale il existe habituellement un varus. Que l'anomalie soit tibiale par un varus épiphysaire tibial important, ou secondaire à des facteurs dynamiques (diminution du moment valgisant par faiblesse du hauban latéral ou une augmentation du moment varisant par surpoids ou un morphotype accentué en varus),

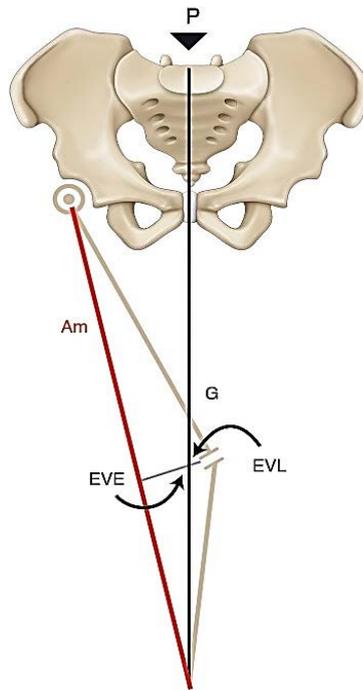


Figure 70 : Déformation en valgus (ligne rouge : axe mécanique du membre inférieur passant en dehors du centre du genou). *P* = poids du corps. *G* = ligne gravitaire

La correction est tibiale. Le choix entre ostéotomie d'ouverture médiale ou de fermeture latérale [57]

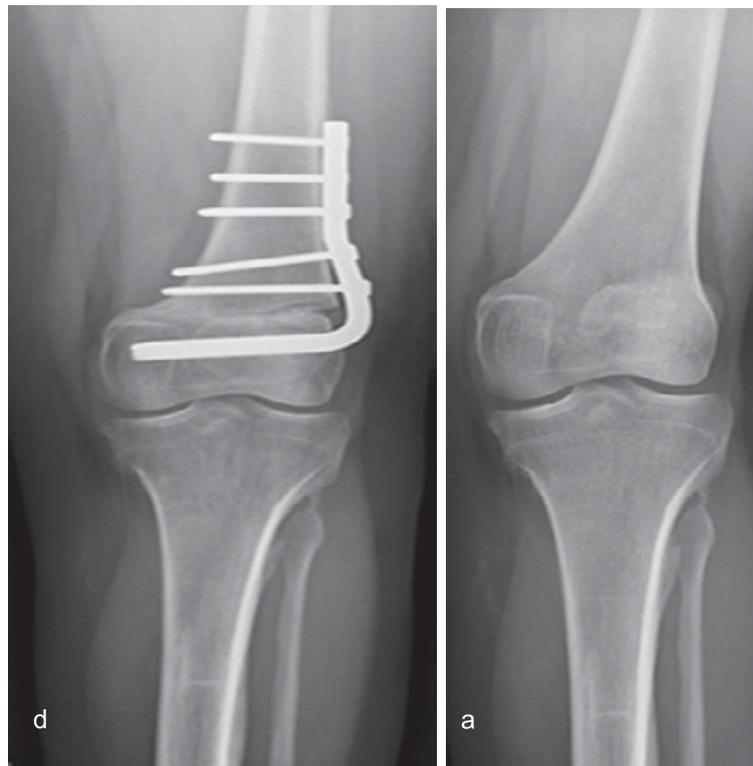


Figure 71 : Ostéotomie fémorale

est affaire d'école ,il est fondamental de ne corriger que la déformation osseuse. En effet, le risque est de contraindre le compartiment latéral, si sont prises en compte à la fois la déformation osseuse et la distension ligamentaire, en cas d'usure latérale il existe classiquement un valgus. Le plus souvent

il s'y associe une hypoplasie du condyle latéral. Cette arthrose latérale est souvent longtemps bien tolérée, avec un hauban latéral en général efficace. L'orientation de l'interligne est fondamentale à analyser car elle est le reflet des déformations. Un angle HKA en valgus avec un interligne orienté vers le bas et le dehors signe en général une origine tibiale, ainsi la correction sera tibiale

(**Figure 72**), si non le risque est d'augmenter encore cette obliquité de l'interligne lorsqu'une ostéotomie fémorale de varisation est pratiquée. Lorsque l'interligne est dirigé vers le bas et le dedans, la correction doit être fémorale (**Figure 71**).

Lorsque les anomalies sont mixtes, le choix d'une correction tibiale est privilégié, si la correction n'induit pas une modification de l'interligne de plus de 10° . À l'inverse, une double ostéotomie (fémorale et tibiale) est préconisée (**Figure 73**). L'objectif global de correction angulaire répond aux règles évoquées ci-dessus.



Figure 72 : Clichés pré- et postopératoires d'une ostéotomie tibiale de varisation sur déformation en valgus avec inter ligne oblique en bas et en dehors



Figure 73 : Clichés pré et postopératoires d'une double ostéotomie fémorale et tibiale de valgisation sur déformation mixte

B. Bases mécaniques des ostéotomies autour du genou

Les ostéotomies tibiales et fémorales autour du genou sont le plus souvent pratiquées dans le cadre d'arthrose isolée débutante d'un compartiment fémorotibial. Néanmoins l'effet mécanique recherché, qui est de décharger le compartiment arthrosique, n'est que la répercussion indirecte d'un geste chirurgical qui vise à corriger l'existence d'une déformation métaphysaire excessive fémorale et/ou tibiale.

1). Morphotype normal

Une déformation, telle qu'elle est définie par **Dror Paley**[22], correspond à une perte de colinéarité de la hanche, du genou et de la cheville dans le plan frontal. Pour analyser le morphotype fémoral et tibial, on utilise généralement l'angle fémoral distal latéral (mécanique) (MLDFA), défini par l'angle entre l'axe mécanique fémoral et la surface articulaire du fémur distal, et l'angle du tibia proximal médial (MPTA), défini par l'angle entre l'axe mécanique tibial et la surface articulaire du tibia proximal. Une étude récente, analysant les données obtenues par scanner de 758 individus sains, a montré que le phénotype le plus fréquent dans une population asymptomatique correspond à un alignement neutre avec un angle Hip-Knee-Ankle (HKA) à 179° résultant d'un tibia varus (MPTA

= 86°) et d'un valgus fémoral (MLDFA = 86°) [136]. Ces valeurs dites « normales » sont confirmées par la revue de la littérature de Moser *et al.* qui retrouve (3–5°) de varus au tibia et 3–8° de valgus au fémur [51].

La variabilité intra-individuelle est quant à elle plus limitée, avec une asymétrie entre les deux membres de patients asymptomatiques inférieure à 1,5° concernant l'angle HKA, le MPTA et le MLDFA, laissant supposer que le genou sain puisse servir de référentiel en cas de restauration des axes selon un objectif d'alignement constitutionnel [137]. Hirschmann *et al.* ont proposé le concept de « phénotype du genou » développé dans le cadre d'une analyse plus personnalisée de l'alignement du membre [52]. Ils ont montré que 18 à 43 phénotypes différents étaient possibles, classés selon l'angle HKA, le MLDFA et le MPTA [[51], [52], [52]]. Ceci permettrait une approche plus individualisée en cas de prothèse totale du genou.

Une étude personnelle récente analysant la morphologie osseuse sagittale de 378 patients indemnes de toutes lésions osseuses retrouvait une valeur moyenne de 6,5° pour la pente du condyle tibial médial et latéral et l'angle fémoral distal postérieur de 85°. Ces données sont surtout importantes lors de la prise en compte de la pente tibiale en cas réparation (itérative) du ligament croisé intérieur (LCA). En effet, pour de nombreux auteurs [138]– [139], une pente tibiale importante, supérieure à 12° [140], constitue un facteur de risque de rupture primaire ou de rerupture du transplant et peut être corrigée.

Que retirer de ces données mathématiques? Dans votre pratique quotidienne, les patients se présenteront avec un morphotype tibial « normal » en varus, un morphotype fémoral « normal » en valgus, avec une pente tibiale positive de (6–7°).

Pour analyser la déformation, nous avons généralement recours à l'angle HKA qui est la somme de trois composantes : la morphologie fémorale, la morphologie tibiale et la morphologie articulaire (résultante de l'usure et/ou de la laxité ligamentaire). L'angle HKA reflète donc l'alignement global du membre inférieur mais ne donne aucune information sur la localisation de la déformation (os, articulation ou laxité), et ne permet donc pas une analyse assez fine. La différence entre le HKA et le MLDFA et le MPTA (déformation osseuse) indique la déformation articulaire (cartilage et ligaments) [141]. Ce sont ces angles qu'il faut analyser afin de savoir si la déformation est tibiale et/ou fémorale, ce qui permettra de corriger la déformation là où elle existe.

Lors de la planification, il est plus facile de considérer la ligne de Mikulicz à travers son intersection au niveau du condyle tibial. Ainsi il est défini un quotient (%) de la distance de ce point de croisement à la partie la plus médiale du condyle tibial sur la largeur épiphysaire totale du tibia proximal

(Figure 74).

La ligne physiologique de Mikulicz ne traverse pas le condyle tibial au milieu géométrique, mais avec une déviation de l'axe mécanique (MAD) d'environ 4–8 mm vers le côté médial [142]. En conséquence, une intersection à 45 % doit être considérée comme normale tandis que son décalage médial est associé à une déformation en varus. En général, le point de passage normal est au niveau de l'épine tibiale médiale.

Toute la logique mécanique d'une ostéotomie, visant à corriger une déformation extra-articulaire, est de déplacer ce « point de Mikulicz » vers un point de passage plus adapté, équilibrant les contraintes au sommet du condyle tibial. Schématiquement, le déplacement de ce point n'est que la répercussion d'une modification de la position de la diaphyse par rapport à l'épiphyse (tibiale ou fémorale) lors de la rotation d'un trait métaphysaire autour d'une charnière fixe.

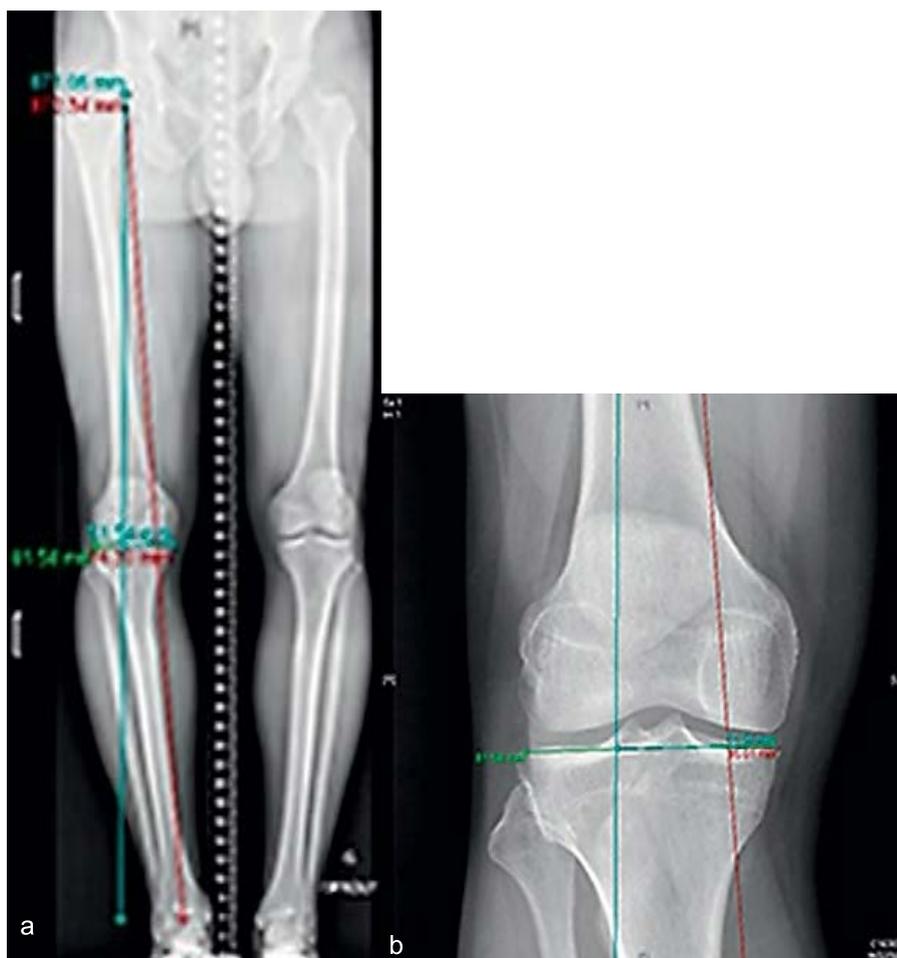


Figure 74 : Calcul des pourcentages de passage du MAD[145]

Pour anticiper la rotation à réaliser, de nombreuses techniques ont été proposées. Notre préférence va à celle de Miniaci et Jakob [143] car elle donne à la ligne de Mikulicz une place centrale.

La planification de Miniaci est basée sur un déplacement de la ligne de Mikulicz, pour un varus, par exemple (cas le plus fréquent), vers un point d'intersection plus latéral de l'épiphyse tibiale. Fujisawa et al. ont été les premiers à préconiser une ligne de Mikulicz postopératoire passant « vers » 65 à 70 % de la largeur tibiale [144]. Cette correction correspond à un HKA postopératoire en valgus de l'ordre de 183–185°. Dugdale et Noyes ont émis l'hypothèse que différents points d'intersection pourraient fournir des résultats équivalents à ce « point de Fujisawa » [145].

Une translation vers un point de Fujisawa à 65 % est classiquement fixée comme limite supérieure. Cependant pour certains chirurgiens, lorsque l'arthrose est sévère, cette limite supérieure pourrait être étendue jusqu'à 75 % [146]. Cette solution ne semble pas être la solution au vu des données actuelles de la littérature. En effet, la tendance générale actuelle est de réduire cette translation, en visant un site d'intersection vers 55 %, en adaptant la correction à la déformation individuelle au contexte méniscal, cartilagineux et ligamentaire (Figure 75).



Figure 75 : Analyse du point de passage de la ligne de Mikulicz sur le plateau tibial[145]

Que retirer de ces données mathématiques? La correction mécanique souhaitée lors d'une ostéotomie sera la répercussion d'une rotation de deux fragments de métaphyse l'un par rapport à l'autre et autour d'une charnière fixe. Une fois le(s) site(s) de déformation principal(aux) identifié(s) par l'analyse fine du morphotype, le déplacement de la ligne de passage des forces (Mikulicz) de son point d'origine vers un point corrigé (point de Fujisawa dans les morphotypes varus) est le point de départ de toute planification.

2). Concept de varus fémoral pathologique

Cette notion d'équilibre global « normoaxé » sous-tendu par un morphotype tibial varus et un morphotype fémoral valgus pose la question du varus « pathologique », responsable de la dégénérescence arthrosique.

Il n'existe pas à notre connaissance de publication décrivant de façon fiable l'origine (morphologique) du mal arthrosique. En revanche, une publication commune récente permet d'attirer l'attention sur le concept de varus pathologique fémoral. Les données du TDM préopératoires de patients présentant un alignement de membre inférieur varus ($HKA < 177^\circ$) ont été analysées. Le collectif comprenait 194 patients opérés pour une ostéotomie tibiale de valgisation et 118 patients « contrôle » indemnes de toute lésion arthrosique. Les conclusions étaient que la seule différence morphologique entre les patients sains et ceux atteints d'une arthrose fémorotibiale modérée était l'existence d'un varus fémoral excessif chez les patients opérés. En effet, le ML DFA était plus « en varus » de $2 \pm 2^\circ$ dans le groupe ostéotomies tibiales de valgisation (OTV), alors que le MPTA était comparable entre les groupes [147].

Ces constatations anthropométriques attirent l'attention sur l'importance de la définition du site principal de déformation dans les ostéotomies autour du genou, mais elles soulignent aussi la potentielle origine fémorale de l'arthrose fémorotibiale médiale (**Figure 76**).

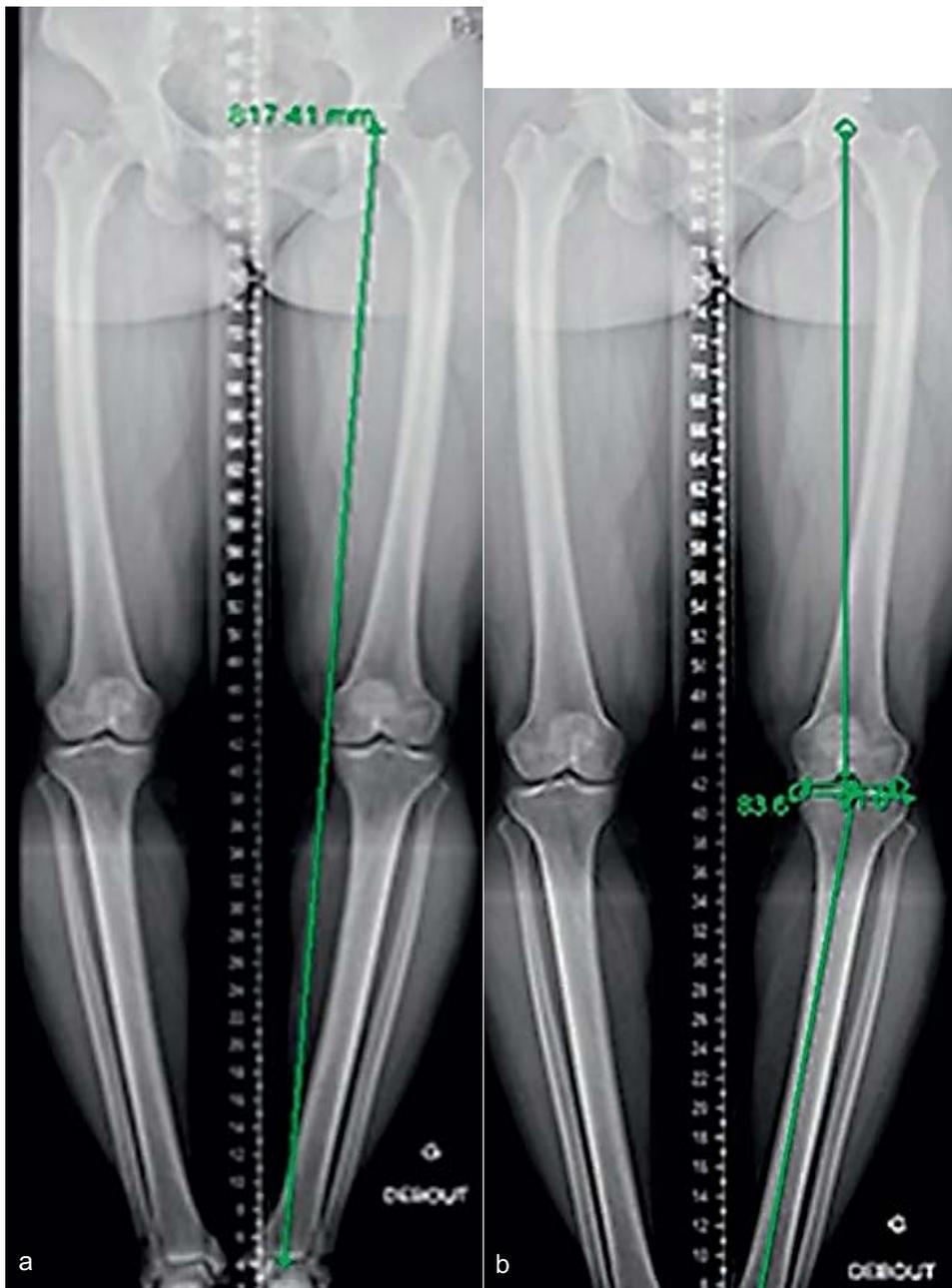


Figure 76 . Origine mixte d'un varus global : $3,6^\circ$ de varus tibial ($87-83,6 = 3,6^\circ$) et 4° de varus fémoral ($91-87 = 4^\circ$)

Que retirer de ces données anthropométriques? Veuillez à toujours analyser le morphotype global, le morphotype fémoral et tibial, ainsi que l'usure intra-articulaire avant de décider du/des sites de correction.

3). Concept de l'interligne oblique du genu varum

Une obliquité importante de l'interligne articulaire du genou (IO) après une ostéotomie tibiale souligne une correction en valgus excessif de l'axe mécanique tibial [148]. Pour répondre à un cahier des charges mécaniques, dans un varus global sévère sans origine métaphysaire tibiale, une correction « tout dans le tibia » proximal peut être proposée. Cependant, ceci aurait pour effet de créer un morphotype tibial très anormal avec un MPTA au-delà de 93° , ce qui est retrouvé de façon

physiologique chez moins de 2 % de la population [141]. L'obtention d'un alignement global normoaxé ou légèrement valgus se fera au détriment d'une modification de l'interligne articulaire qui sera d'autant plus oblique que la correction est importante : pour chaque degré au-delà d'un MPTA de 90°, l'obliquité de l'interligne augmente de 1°.

La correction de l'axe mécanique du membre inférieur par une ouverture médiale isolée de la métaphyse tibiale (cas le plus fréquent à l'heure actuelle) [147] créera une présentation de l'épiphyse tibiale en adduction lors de la locomotion. Une inclinaison distale/ latérale de la ligne articulaire sera alors retrouvée pour maintenir un contact tibio-fémoral congruent. Il a généralement été admis qu'une obliquité de l'interligne jusqu'à 5° est acceptable [43], mais il n'y a aucune preuve réelle à l'appui de cette limite. On peut supposer qu'une pente médiale/latérale excessive entraînera des forces de cisaillement transversales, le fémur aura donc tendance à « glisser », ce qui entraînerait des contraintes intolérables pour le cartilage articulaire [43].

L'interligne articulaire doit idéalement être parallèle au sol en postopératoire pour ralentir durablement la progression de l'arthrose.

Une planification préopératoire rigoureuse doit permettre de retrouver trois scénarios principaux : déformation globale en varus liée à une déformation métaphysaire tibiale ou fémorale isolée : indication idéale d'ostéotomie tibiale proximale ou fémorale distale de valgisation ;

- Déformation globale en varus liée à une déformation métaphysaire tibiale et fémorale : indication potentielle d'ostéotomie bifocale surtout lorsque la correction isolée du tibia entraînerait un MPTA > 93°, et ainsi un interligne oblique ;
- Déformation globale en varus liée à une déformation intra-articulaire majoritaire associée ou non à des déformations métaphysaires fémorale et/ou tibiale : scénario pour une ostéotomie métaphysaire « border-line » chez le sujet jeune (ostéotomie palliative de sauvetage) et/ou indication de chirurgie intra-articulaire prothétique.
- **Que retirer de ces données mathématiques ?** Un interligne oblique de plus de 5° aura des répercussions 1/ sur les résultats esthétiques à court terme, 2/ sur les résultats fonctionnels à moyen terme et 3/ sur le taux de survie des ostéotomies (conversion chirurgicale) à long terme. Pour ce faire, il faut bien analyser l'origine de la déformation, et absolument éviter un MPTA postopératoire supérieur à 93°.

4). Définition du plan de coupe

La définition du plan de coupe idéal, tibial et fémoral, repose sur les mêmes principes de base :

- La coupe doit séparer deux segments de taille suffisante pour permettre leur fixation ultérieure ;
- La coupe doit être métaphysaire pour améliorer la consolidation osseuse ;
- Elle doit idéalement être biplanaire pour éviter de sectionner au tibia la tubérosité tibiale et au fémur la zone cartilagineuse de la trochlée (**Figure 74**) ;
- Une direction parallèle à la surface articulaire (tibiale ou fémorale) si l'on souhaite maintenir la pente tibiale et l'inclinaison fémorale sagittale distale ;
- La coupe doit permettre de conserver une charnière osseuse d'épaisseur suffisante qui permettra la rotation du segment distal sur le proximal ;
- La position de cette charnière dans un axe antéro-postérieur est l'un des garants du maintien de la présentation sagittale des épiphyses ;
- La coupe doit être suffisamment horizontale pour ne pas risquer une effraction articulaire dans les ouvertures et suffisamment verticale pour créer un triangle isocèle à retirer dans les fermetures (**Figure 77, 78, 79**)

- La coupe doit idéalement se terminer (et la charnière se positionner) :
- Pour le tibia proximal par ouverture médiale : à la jonction 1/3 proximale, 2/3 distaux de la tête de la fibula pour limiter le risque de fracture de charnière emportant l'articulation tibio-fibulaire supérieure.
- Pour le fémur au niveau des épicondyles, zone de plus forte densité osseuse (et donc de résistance mécanique la plus élevée)

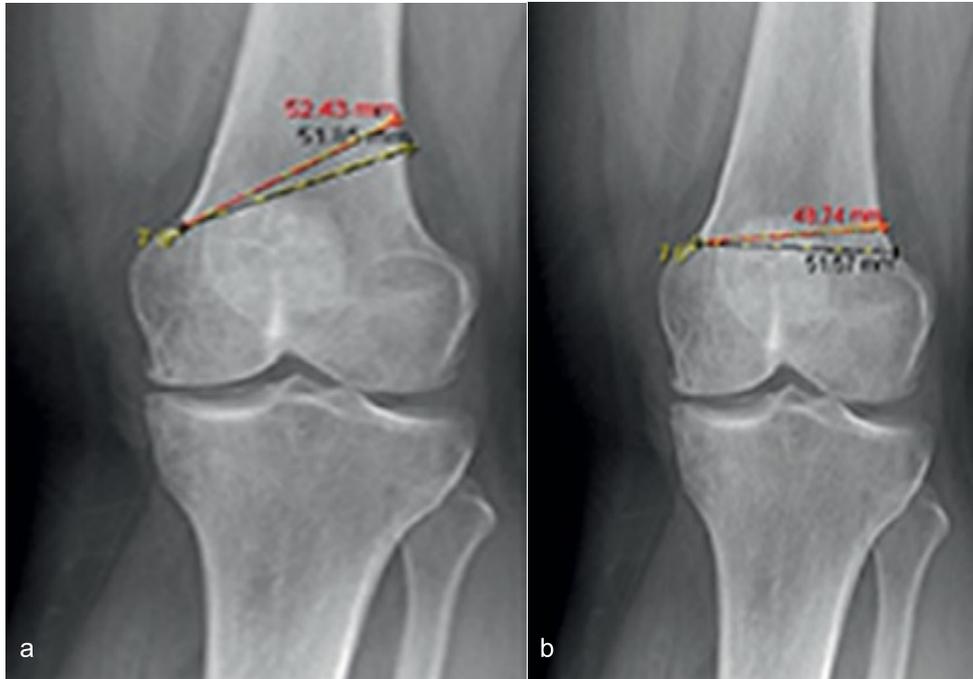


Figure 77: Exemple d'un plan de coupe idéal fémoral latéral : à gauche, coupe oblique permettant de créer un triangle isocèle optimal contrairement à la figure de droite, coupe trop horizontale.



Figure 78 : Erreur dans la réalisation d'une ostéotomie fémorale qui, ici, est certes mono-planaire, mais descendante et par conséquent intra-articulaire.

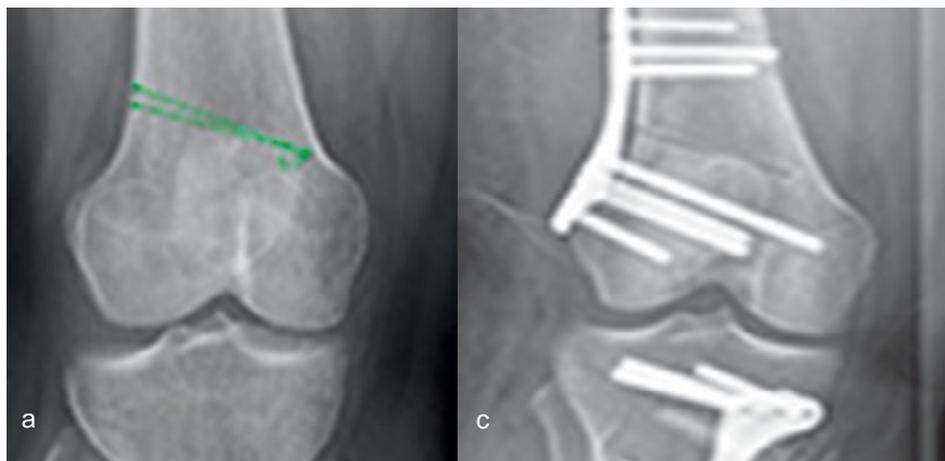


Figure 79 : Exemple d'une fermeture oblique fémorale latérale de 5° permettant un affrontement satisfaisant des berges du site d'ostéotomie.

Que retirer de ces données mathématiques? Le plan de coupe idéal est propre à chaque patient. Seule une analyse tridimensionnelle permet de le définir. En revanche les principes de précaution évoqués ci-dessus permettent d'éviter des erreurs de correction majeures et des complications fracturaires.

5). Modification de la présentation sagittale tibiale (pente tibiale)

La modification involontaire de la pente tibiale est une des complications connues des ostéotomies tibiales. Martiet al. [146], dans une série d'OTV, ont induit un changement moyen de 6° d'angulation en valgus. Cependant, ils ont changé simultanément la pente postérieure tibiale d'une moyenne de 3° , avec une dispersion allant de -8 à $+10^\circ$. Des résultats similaires ont été rapportés par ElAmrani et al. [149], qui ont constaté que la pente postérieure avait été augmentée en moyenne de 2° (-4 ; $+9^\circ$). Ces changements involontaires de la pente postérieure tibiale se produisent en partie à cause de la forme irrégulière de la section transversale de la métaphyse tibiale proximale, qui est approximativement triangulaire.

Si une charnière latérale est correctement maintenue et que la partie distale de la jambe tourne autour de ce point fixe, alors l'ouverture résultante doit être plus importante à la partie postérieure qu'au contact de la tubérosité tibiale. Le chirurgien aura généralement une vue de l'os qui s'étend du tendon rotulien au bord antérieur du ligament collatéral médial (LCM), et l'espace entre les fragments osseux doit pouvoir s'ouvrir plus largement en arrière qu'en avant : s'il est maintenu parallèle, alors la pente sera augmentée. Cet effet a été analysé par Lee et al. [150], et certaines plaques d'ostéotomie ont un bloc conique ou un autre guidage intégré, pour essayer de contrôler la pente. Dans une étude expérimentale, Rodner et al. [151] ont utilisé un ensemble de genoux cadavériques dont la pente naturelle était de 8° . Lorsque la plaque de fixation d'ostéotomie (avec coin de contrôle intégré) était placée au milieu de la surface antéro-médiale du tibia, la pente augmentait de 6° ; lorsqu'elle était placée plus en arrière, au point le plus médian (en arrière du ligament oblique postérieur), la pente restait stable. Il a également été noté que l'augmentation de la pente tibiale entraînait un déplacement de la zone de contact vers l'arrière sur les condyles tibiaux médiaux et latéraux.

Le maintien de la pente tibiale repose finalement sur trois éléments connexes :

- Un plan de coupe idéalement réalisé ;
- La création d'un coin d'ouverture ou de fermeture avec une base est plutôt postérieure ;
- Une position centrale de la charnière sur l'axe antéropostérieur (**Figure 80**).

Dans une étude non encore publiée, nous avons analysé l'effet de la modification de ces trois éléments lors d'une OTV avec une ouverture médiale de 10° :

- Toute modification de l'intersection entre le plan de coupe (donc de l'ostéotomie) et l'axe mécanique du tibia (idéalement cette intersection est perpendiculaire) entraîne une modification de la pente tibiale médiale de 1° tous les 10° d'inclinaison du plan de coupe par rapport à l'interligne articulaire (Figure 81)
- La création d'un coin très antérieur ou très postérieur faisait varier la pente tibiale de $\pm 7^\circ$ pour une ouverture frontale similaire de 10° ;
- Un déplacement de la position de la charnière entre le tubercule de Gerdy (très antérieure) et la tête de la fibula (très postérieure) entraînait une modification de la pente tibiale de $\pm 5^\circ$.

Ces trois éléments, dans différentes associations, induisaient une modification de la pente de $\pm 10^\circ$, soit la valeur totale de la correction frontale réalisée.

Que retirer de ces données mathématiques? Le maintien de la pente tibiale lors de la correction d'une déformation du plan frontal repose sur trois éléments de base : 1/ un plan de coupe parallèle à la surface articulaire, 2/ un coin d'ouverture ou de fermeture dont la base est plutôt postérieure, 3/ une position centrale de la charnière sur l'axe antéropostérieur.

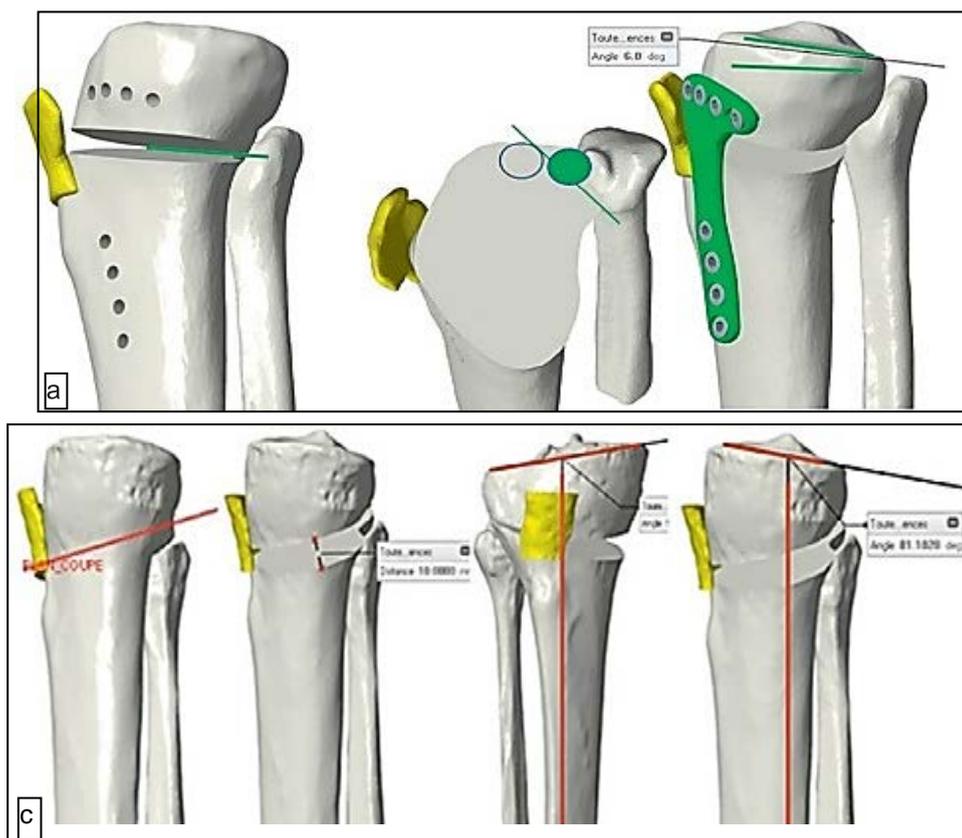


Figure 80 ; Impact de la position de la charnière sur la pente tibiale[150,151]

6).Modifications de la hauteur patellaire dans les ostéotomies tibiales

La modification de la hauteur patellaire est également une complication connue des ostéotomies tibiales proximales. Plusieurs éléments mathématiques doivent être compris pour analyser l'impact des corrections frontales sur l'articulation fémoropatellaire (**Figure 81**):

- les ostéotomies tibiales classiques mono- ou biplanaires ne mobilisent pas la tubérosité tibiale : elles modifient par conséquent la hauteur de l'interligne fémorotibial par rapport à la patella ; **dans le plan frontal**, la répercussion d'une ouverture ou d'une fermeture métaphysaire tibiale sur la hauteur patellaire ne doit pas être analysée au niveau de la base du coin d'ouverture ou de fermeture (corticale médiale ou latérale) mais bien au centre de l'articulation (point de contact fémorotibial) ; **dans le plan sagittal**, la répercussion d'une ouverture ou d'une fermeture métaphysaire tibiale sur la hauteur patellaire ne doit pas être analysée au niveau de la base du coin d'ouverture ou de fermeture (corticale médiale ou latérale) mais au niveau de la tubérosité tibiale ; dans le plan horizontal, la résultante de ces deux éléments s'analysera au point de croisement d'un plan antéropostérieur passant par la tubérosité tibiale (TT) et du plan de l'axe mécanique passant par le centre du genou. Il en résulte, par exemple, que pour une ouverture donnée de 10 mm au niveau de la corticale postéro-médiale, la modification de la hauteur d'interligne au point de contact fémorotibial /TT sera moindre (de l'ordre de 4 mm) (Figure 81) Le travail récent de Ihle *et al.* [152] confirme ces éléments puisqu'ils ne retrouvaient pas de modification de la hauteur patellaire pour quatre-vingt-dix-neuf patients opérés par OTV par ouverture médiale, si le référentiel utilisé n'était pas biaisé par les modifications de la pente tibiale (exemple : indice de Caton et Deschamps). Que retirer de ces données mathématiques ? Les modifications de hauteur patellaire lors des OTV restent très limitées. Dans le cas où celles-ci pourraient entraîner des répercussions fonctionnelles

(patient souffrant de pathologie fémoropatellaire sévère en préopératoire), le recours à une ostéotomie biplanaire descendante peut être préconisé).

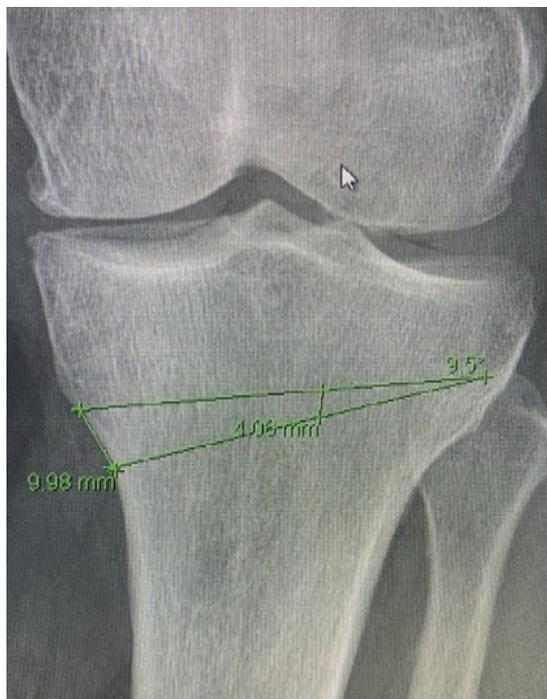


Figure 81: Impact de l'ouverture d'une ostéotomie tibiale de valgisation sur la hauteur patellaire[152]

C. L'ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture interne sus-tubérotaire

Le siège de correction de l'ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture médiale est proximal, près du genou. Plusieurs sites ont été proposés : le site sus-tubérotaire modifie légèrement l'axe de l'appareil extenseur, mais a l'avantage de consolider rapidement et de ne pas nécessiter d'ostéotomie de la fibula ainsi que de protéger le nerf fibulaire commun. Dans ce chapitre, nous décrivons les modalités pratiques de la réalisation de ce geste.

Installation du patient Le patient est placé en décubitus dorsal sur la table d'opération. Un garrot bien rembourré, placé à la racine de la cuisse, peut être utilisé selon les habitudes du chirurgien. Un coussin est placé sous la jambe pour ne pas comprimer le creux poplité. La jambe controlatérale est fixée à la table en extension complète. Une arthroscopie concomitante peut être réalisée selon les habitudes de l'opérateur. (**Figure 82**)

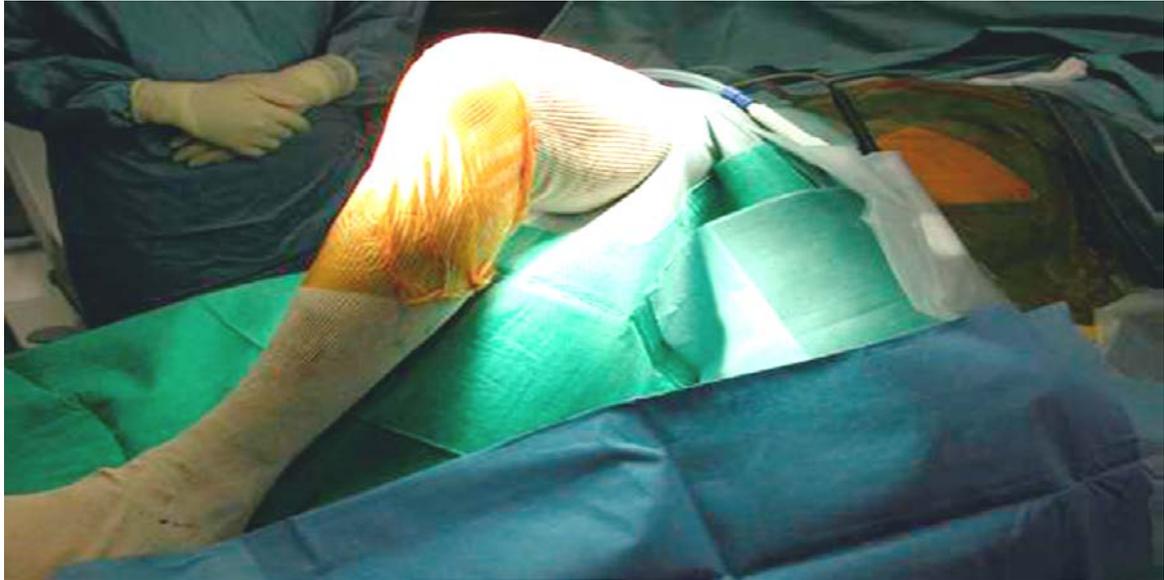


Figure 82 : Installation du patient[153]

1). Incision cutanée et ligament latéral interne

a) L'incision cutanée doit permettre de récliner les muscles de la patte-d'oise

Même si la technique a été décrite depuis longtemps [153], un certain nombre de points méritent d'être précisés. L'incision longitudinale, située à la face médiale du genou en regard de l'insertion des muscles de la patte-d'oise, est d'environ 8 cm, légèrement oblique, (**Figure 83**) partant en dessous de la tubérosité tibiale et allant jusqu'à l'interligne articulaire. Elle doit être suffisamment longue pour permettre de mettre en place les vis distales de l'ostéosynthèse, sans tension sur la peau. Pour les auteurs, les incisions cutanées doivent être longitudinales et pouvoir être si nécessaire réutilisées lors d'une prothèse totale du genou. Des incisions transversales ont pu être proposées dans le but d'être mini-invasif mais elles font courir le risque d'une nécrose cutanée, rendent difficile la gestion du ligament latéral interne et sont peu commodes en cas de reprise par une prothèse totale de genou.

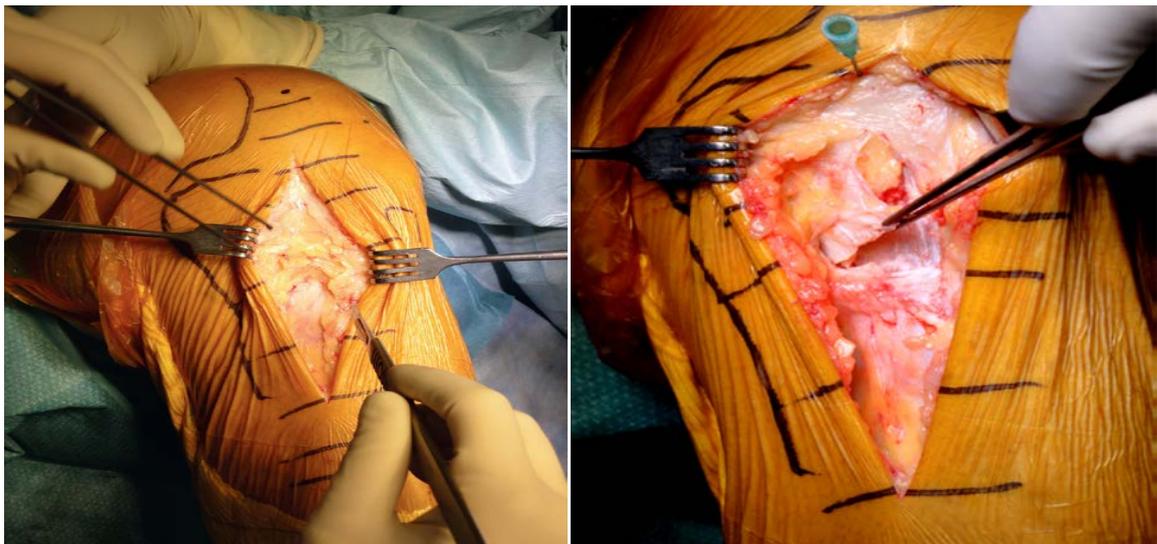


Figure 83 : Incision cutanée OTV ouverture interne. Incision transversale du LLI superficiel[153].

b) Ligament latéral interne

Les insertions du Sartorius, du gracilis et du semi-tendineux sont ensuite repérées et les tendons séparés de l'os dans les 2/3 proximaux, (**Figure 84**) en les laissant dans la continuité avec la partie distale et leur aponévrose. Ceci permet d'exposer la partie distale du faisceau superficiel du ligament collatéral médial (LCM), qui est plus superficiel et plus postérieur. Avec une rugine, le faisceau superficiel du LCM est détaché de sa partie distale en sous-périostée jusqu'au niveau du trait d'ostéotomie mais pas au-delà pour ne pas risquer de détacher le faisceau profond du LCM. Complètement libéré de sa fixation tibiale, il restera libre pendant l'intervention chirurgicale. Il ne sera refixé qu'en fin d'intervention pour recouvrir la plaque d'ostéosynthèse. Cette désinsertion du faisceau superficiel du LCM est pratiquée depuis plus de 30 ans [153]-[154] sans qu'une laxité postopératoire n'ait été observée même à très long terme.

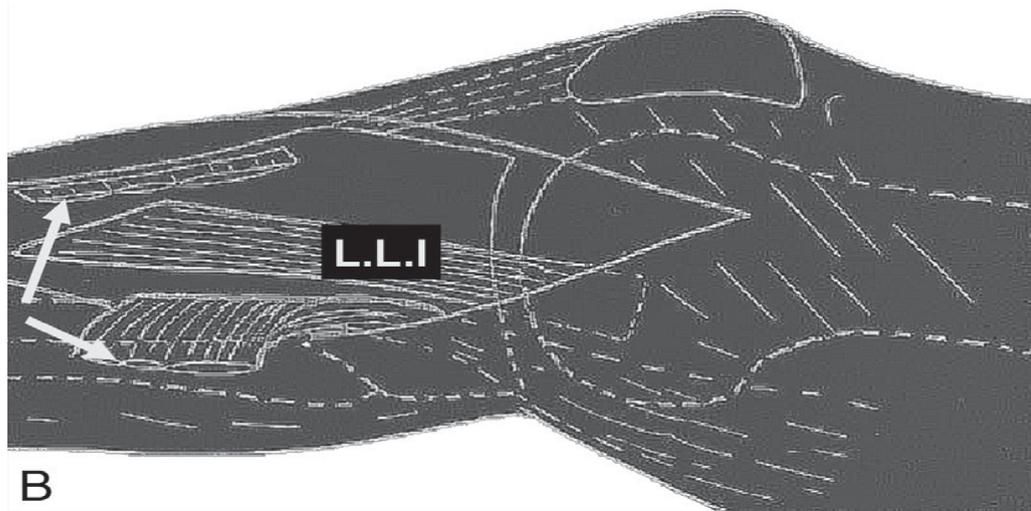


Figure 84. L'incision, en regard des muscles de la patte-d'oie. (La désinsertion des muscles des tendons de la patte-d'oie permet d'aborder le faisceau superficiel du LLI) [153,154]

2). Broche repère et plan de coupe : broche repère le niveau de l'ostéotomie est repéré à l'aide d'une broche. Le point d'entrée se situe à environ 3,5 cm à 4 cm en dessous de l'interligne articulaire. Le plus simple est de repérer comme point d'entrée le sommet de la concavité à la face médiale de la métaphyse tibiale.

La broche repère est dirigée sous amplificateur de brillance vers l'extrémité supérieure de la fibula. La direction de la broche de l'ostéotomie dépend de l'importance de l'ouverture que l'on désire réaliser. S'il s'agit d'une petite ouverture, la broche peut être dirigée un peu au-dessus de la tête fibulaire. S'il s'agit d'une ouverture importante, il est préférable de diriger la broche vers l'articulation tibiofibulaire (Figure 85). Cela permet, si la charnière tibiale est rompue, de terminer l'ostéotomie dans l'articulation tibiofibulaire qui va à ce moment-là servir de charnière et empêcher une éventuelle translation qui rendra compliquée la synthèse de l'ostéotomie. Cela permet d'utiliser cette articulation tibiofibulaire comme charnière et évite, dans les grandes ouvertures, la rupture de la charnière osseuse. L'ostéotomie commence à la face médiale du tibia et doit être légèrement oblique pour se terminer au-dessus de l'insertion du ligament patellaire.

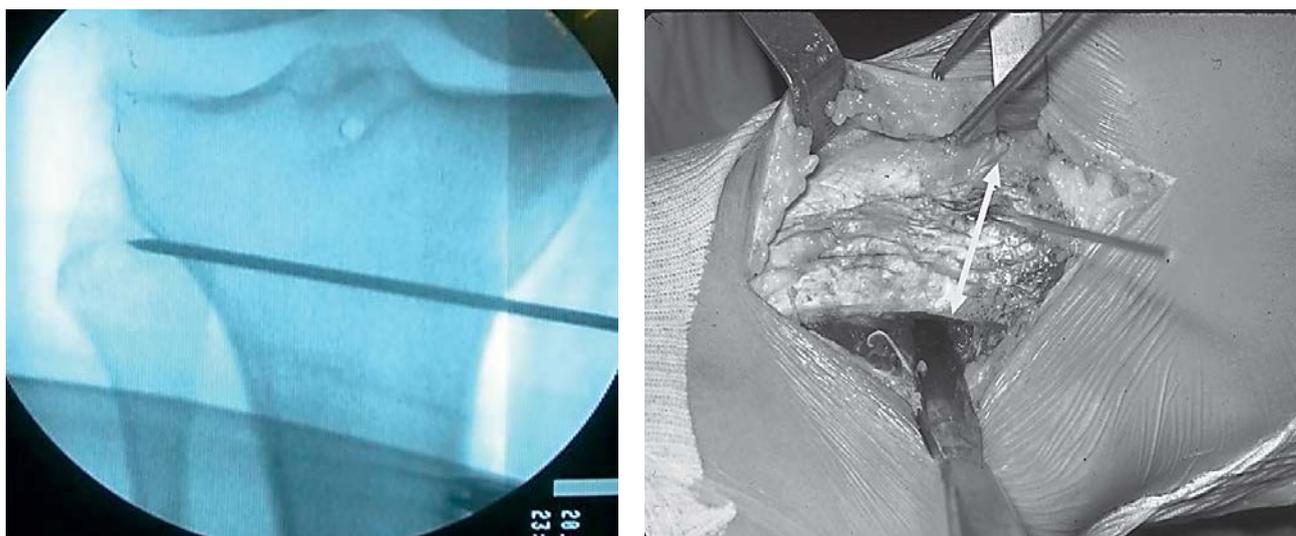


Figure 85:[155] La direction du trait d'ostéotomie peut aussi s'effectuer vers l'articulation tibiofibulaire

3). Plan de coupe

Compte tenu de la morphologie de l'extrémité supérieure du tibia, de la présence de la tubérosité tibiale et de l'articulation tibiofibulaire supérieure, le plan de coupe de l'ostéotomie n'est pas transversal; c'est en réalité une plane oblique qui doit garder une charnière latérale. L'ostéotomie peut être plus ou moins oblique dans le plan frontal; les auteurs conseillent d'avoir le début de l'ostéotomie au sommet de la concavité du tibia et choisir de finir l'ostéotomie plus ou moins haut sur la corticale latérale en sachant que plus le trait est proximal, plus le risque de refend du condyle tibial latéral est grand; à l'inverse, le tissu spongieux proximal est moins dense et permet donc plus facilement l'ouverture de l'ostéotomie et la préservation de la charnière. Le tissu osseux du tibia en dessous de l'articulation tibio-fibulaire devient plus dense et corticalisé, ce qui rend plus difficile de conserver une charnière intacte ; mais en cas de rupture, cet inconvénient est compensé pour les ligaments de l'articulation tibio-fibulaire qui peuvent servir de charnière.

Dans le plan sagittal, il est habituel d'avoir une orientation de l'ostéotomie plus ou moins parallèle aux condyles tibiaux. C'est une conséquence de l'anatomie liée à la position de la tubérosité tibiale si on veut faire une ostéotomie sus-tubérotaire ; mais ici aussi, l'opérateur a une certaine marge de manœuvre. L'obliquité sagittale en elle-même n'a que peu d'impact sur la correction de l'ostéotomie [155]. Il est préférable de réduire au minimum l'obliquité de l'ostéotomie dans le plan sagittal pour éviter une plane oblique complexe ; cela oblige souvent à finir le trait 1 cm en dessous de la tubérosité tibiale et d'effectuer un refend horizontal à la partie antérieure.

4). Trait d'ostéotomie

L'ostéotomie peut être réalisée à l'aide d'un ostéotome ou d'une scie oscillante. S'il s'agit d'une ostéotomie de première intention, il est préférable de la réaliser à l'ostéotome. La scie oscillante peut entraîner un échauffement de l'os et surtout donne une moins bonne perception de l'os cortical. S'il s'agit d'une ostéotomie de deuxième intention (ostéotomie itérative, ostéotomie effectuée par cal vicieux de l'extrémité supérieure du tibia ou pour séquelle de fracture du plateau tibial), il est préférable de commencer l'ostéotomie à la scie oscillante car on est dans un os condensé. De toutes les manières, l'ostéotomie devra être terminée avec un ciseau étroit (1 cm) car c'est le meilleur moyen d'être certain que l'on conserve la corticale externe qui va servir de charnière. L'ostéotomie doit commencer à la face médiale du tibia, en conservant au départ la corticale postérieure et la corticale latérale.

5). Timbre-poste, petit ciseau et oreille

Une fois l'ostéotomie réalisée en conservant la corticale postérieure, par le trait d'ostéotomie effectué à la face médiale, on dirige obliquement d'avant en arrière une mèche de 2,5 mm (**Figure 86**) qui permet de faire le tracé de l'ostéotomie sur la corticale postérieure à la manière d'un timbre-poste. Il est recommandé de faire le dernier trou antéro-postérieur avec une mèche plus grosse pour faire un trou un peu plus grand à l'endroit de la charnière et ainsi éviter un refend au bout du trait d'ostéotomie, comme cela a été bien décrit au XIX^e siècle pour les prélèvements de baguette osseuse tibiale (notion un peu oubliée actuellement). Compte tenu des éléments vasculo-nerveux situés à la face postérieure du tibia, un écarteur ou une rugine doit être situé derrière la zone d'ostéotomie de manière à protéger ces éléments nobles de la broche. Une fois réalisé le timbre-poste sur la corticale postérieure, le ciseau à os est dirigé à la partie postérieure de l'ostéotomie pour couper la corticale postérieure. La corticale latérale qui sert de charnière est ensuite entamée au petit ciseau à os. Il est important à ce moment « d'écouter » le bruit du petit ciseau à os qui vient s'arrêter sur la corticale externe. La sonorité du ciseau change lorsqu'il atteint la corticale latérale, prenant un son nettement plus mat. C'est à ce moment-là qu'il faut arrêter le ciseau à os. Un ciseau large est placé dans le trait d'ostéotomie de manière à ouvrir le trait d'ostéotomie.

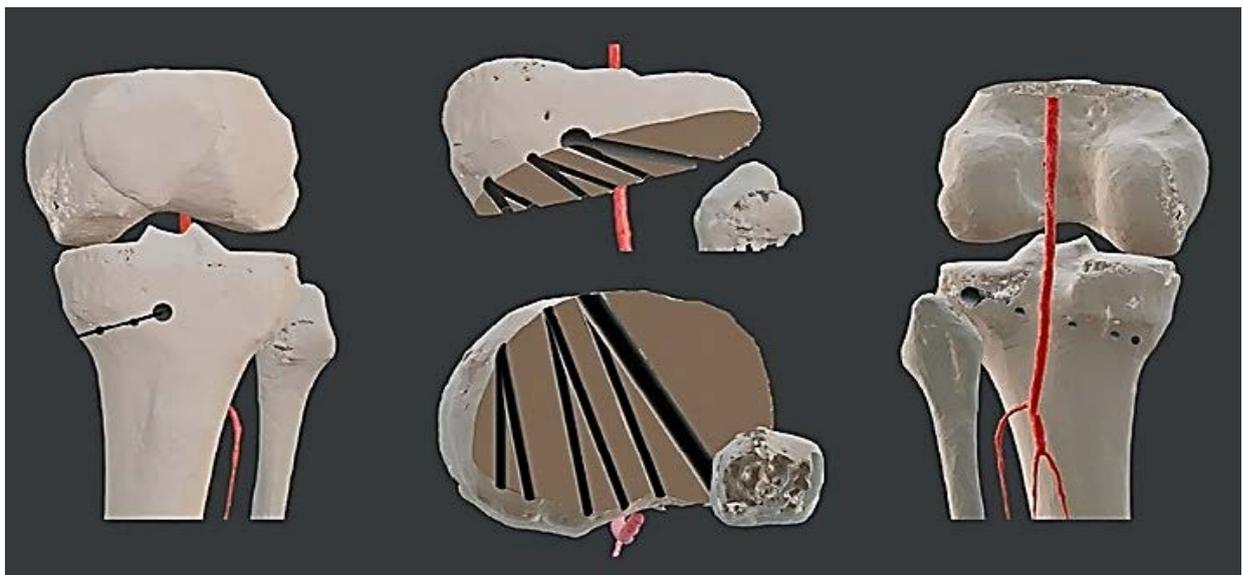


Figure 86: Tracé du timbre-poste sur la corticale postérieure à partir de la face médiale du tibia[158]

6). Ouverture de l'ostéotomie

Le chirurgien place une main sous le tendon calcanéen et le pied pour éviter que la jambe ne se mette « en flexion » au niveau de l'ostéotomie. L'autre main tient le ciseau à os de grande taille et fait levier sur l'extrémité supérieure du tibia pour ouvrir l'ostéotomie. L'aide place une main à la face antérieure de la cuisse pour éviter toute flexion au niveau de l'ostéotomie. L'ouverture est réalisée progressivement pour jouer de l'élasticité osseuse en clivant par intermittence le spongieux avec un petit ciseau ou ostéotome. Une fois l'ouverture réalisée de manière douce, afin d'éviter toute rupture de la charnière, un coin temporaire (métallique ou autre) est placé quelques secondes au niveau du site de l'ostéotomie avant de placer le coin définitif. Ce coin doit être placé à la partie postérieure de manière à ouvrir préférentiellement la partie postérieure de l'ostéotomie, du moins dans la majorité des genoux arthrosiques. D'une manière générale, dans la plupart des cas, il est préférable d'effectuer une ouverture plus postérieure qu'antérieure pour éviter d'accentuer la pente postérieure du tibia, et le raccourcissement relatif du ligament patellaire qui pourrait entraîner une patella basse.

7). Préservation de la charnière en utilisant une grosse mèche

Au fur et à mesure que la profondeur de la coupe d'ostéotomie augmente et que la charnière restante de l'os intact diminue, les contraintes et les tensions osseuses corticales deviennent de plus en plus concentrées au sommet de l'ostéotomie. Si la scie ou le ciseau ne vont pas jusqu'à la corticale latérale, des contraintes plus importantes vont s'exercer lors de l'ouverture de l'ostéotomie avec un plus grand risque de fracture se propageant verticalement vers la surface articulaire. Émousser l'apex de l'ostéotomie avec un trou de forage de 5 mm diminue la tension osseuse corticale locale, réduit les contraintes et la force de distraction pour ouvrir l'ostéotomie. L'expérience a montré qu'en arrêtant le petit ciseau à 10 mm de la corticale latérale et en faisant au bout un trou de 5 mm de diamètre, on réduit le risque de rupture de la charnière (**Figure 87**).



Figure 87 : Diminution des contraintes à l'apex de l'ostéotomie par un trou de mèche antéropostérieur de 5 mm [156,157]

8). Position du coin maintenant l'ouverture

Lorsqu'une cale est utilisée, habituellement au-delà de 10° ou de 10 mm d'ouverture, celle-ci doit être placée à la partie postérieure à l'ouverture tibiale. D'un point de vue géométrique, la position de la cale à la face médiale du genou peut modifier la pente postérieure de l'extrémité supérieure du tibia, ceci s'explique par la forme triangulaire du tibia. Pour éviter d'augmenter la pente tibiale postérieure,

la cale d'ouverture médiale doit être forcément placée en position postéro-interne. En cas de recurvatum, le raisonnement, bien entendu, doit être différent et il peut être nécessaire de maintenir, voire d'augmenter, la pente tibiale postérieure pour stabiliser le genou. L'utilisation de tables [156]-[157] peut aider le chirurgien à corriger dans les deux plans l'ostéotomie s'il le souhaite, tout en sachant que le plus souvent la cale doit être postérieure, excepté dans un cas (association d'un recurvatum, soit d'origine osseuse, soit d'origine ligamentaire).

9). Nature du coin de l'ostéotomie

Le coin qui peut être utilisé est de nature variable ;traditionnellement à l'origine, le coin était osseux et prélevé sur la crête iliaque. Les substituts osseux permettent actuellement de s'en passer. La résistance mécanique du substitut doit être prise en considération : en cas d'utilisation d'une plaque verrouillée, celle-ci absorbe les contraintes, et la participation dans la solidité du montage est peu importante; si la plaque n'est pas verrouillée, il est préférable d'utiliser une cale plus résistante, car elle participe à la solidité de la fixation et du montage global.

10). Ostéosynthèse

Une fois l'ostéotomie réalisée et l'éventuelle cale placée, du tissu spongieux peut être ramené de la métaphyse pour être placé dans le trait d'ostéotomie et notamment au contact de la charnière, ce qui permet de faciliter la consolidation. La plaque vissée est positionnée de telle manière qu'elle puisse s'opposer à l'expulsion de la cale.

Les techniques modernes d'ostéosynthèse permettent d'utiliser soit une plaque classique, soit une plaque avec vis dites « verrouillées ». Les positions de la cale et de la plaque peuvent avoir une incidence sur la pente tibiale. La position des vis va dépendre du caractère verrouillé ou non de l'ostéosynthèse, de la position des vaisseaux [158]si les vis sont bicorticales et du choix du chirurgien s'il veut étayer l'épiphyse tibiale supérieure pour des raisons mécaniques (Figure 88).

Le LCM et les muscles de la patte-d'oie sont ensuite réinsérés et les incisions fermées en sous-cutané et cutané sur un drain aspiratif. Une fois l'ostéosynthèse réalisée, un contrôle par amplificateur de brillance est souhaitable pour vérifier la position des vis. En particulier, il convient de vérifier qu'il n'y a pas de vis intra-articulaire, ce qui nécessite de bien vérifier l'incidence de profil : compte tenu de la pente postérieure des condyles tibiaux, une vis peut apparaître intra- osseuse sur la face et le profil ,alors qu'elle est en réalité intra-articulaire. Comme l'ouverture « remonte » le condyle tibial médial et corrige plus la pente postérieure du condyle tibial médial que celle du condyle tibial latéral de profil, une vis intra-articulaire à la partie postérieure du condyle tibial latéral peut apparaître intra-osseuse du fait de sa projection sur le condyle tibial médial interne de profil. Un épanchement intra-articulaire post-opératoire peut le faire suspecter s'il n'y a pas eu d'ouverture articulaire durant l'intervention.

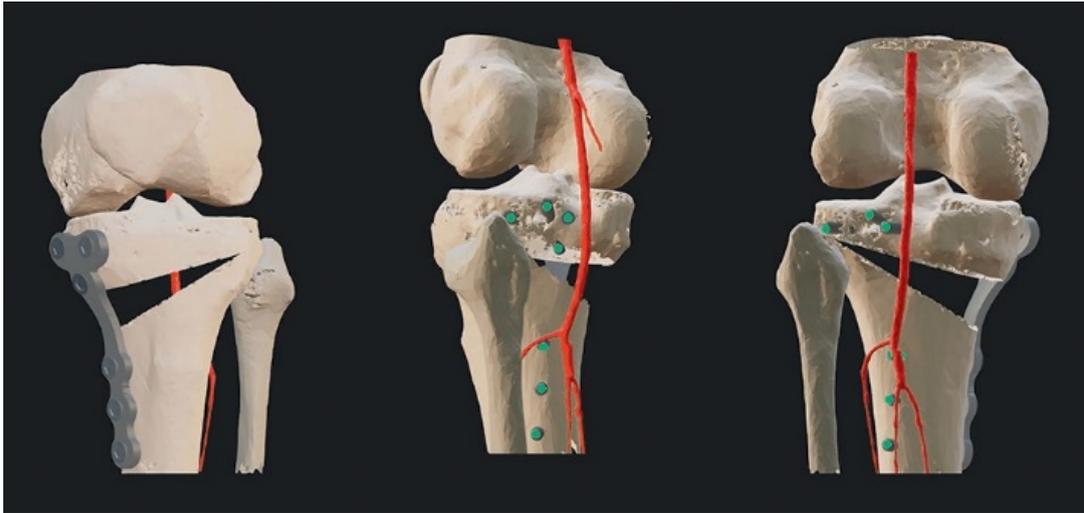


Figure 88: Position des vis par rapport aux vaisseaux La pointe de la vis sortant à la partie postérieure est indiquée en vert.[158]

11). Vérification de la correction obtenue

Il est préférable de vérifier la correction avant et après l'ostéosynthèse qui peut elle-même modifier la correction si la plaque n'est pas correctement positionnée, ou chantournée si la plaque utilisée n'est pas une plaque moderne anatomique (verrouillée ou non). De nombreux facteurs techniques peuvent affecter les calculs effectués en préopératoire, et des erreurs sont possibles quelle que soit la méthode utilisée [159] : en particulier, les positions de la charnière, de la plaque et du coin qui maintiennent l'ouverture sont des sources d'erreur. Pour les petites ostéotomies, en général, la correction est un peu plus importante que le calcul effectué et cela pour deux raisons : la charnière ne va généralement pas jusqu'au contact de la corticale latérale, donc l'effet d'ouverture pour un coin de même épaisseur est un peu plus grand que le calcul, d'où la règle : « petite ouverture et risque d'hypercorrection, grande ouverture et risque d'hypocorrection ». En effet, dans les grandes ouvertures, si la charnière est cassée, la correction sera toujours moindre que ce qui a été calculé. Différentes méthodes permettent de contrôler la correction en allant du fil tendu à la navigation assistée par ordinateur [95], voire des guides de coupe. Mais une simple radiographie de contrôle prenant les 2/3 supérieurs du tibia permet de s'assurer de la correction obtenue, en calculant l'orientation de la surface des plateaux tibiaux par rapport à la zone diaphysaire. Il est prudent de vérifier sur la radiographie de profil qu'il n'y ait pas eu de modification non souhaitée de l'orientation de profil de la pente des condyles tibiaux.

12). Suites opératoires

L'anticoagulation est nécessaire en post-opératoire, que le patient ait un appui immédiat ou différé. La durée de l'anticoagulation est d'environ 1 mois. La reprise de l'appui [160], [161] dépend de la rigidité du montage obtenu par le chirurgien. Avec une plaque verrouillée, l'appui peut être immédiat si le montage est suffisamment stable et solide même en cas d'ostéotomie bilatérale et ce indépendamment du degré de l'ouverture [162]. Il doit être différé au 45e jour si la synthèse est insuffisante, avec la prescription d'une héparinothérapie préventive. La mobilisation du genou et la rééducation du quadriceps font partie des suites opératoires : elles se font sans difficulté compte tenu du caractère extra-articulaire de l'intervention.

D. Ostéotomie tibiale de valgisation par fermeture externe sur genu varum

L'ostéotomie tibiale de valgisation par fermeture latérale (OTVF), comparée à l'ostéotomie par ouverture médiale, a de nombreux avantages dont la rapidité de consolidation, la rééducation précoce, et l'absence de nécessité d'une greffe osseuse associée [163], [164]. Elle présente cependant certaines limites, telles que le risque de lésion du nerf fibulaire commun, une correction angulaire classiquement limitée, la moins grande précision de la correction et la nécessité de réaliser une ostéotomie de la fibula ou une arthrolyse tibiofibulaire proximale.

Pour autant, il existe des indications précises pour lesquelles l'OTVF est parfaitement adaptée ; une arthrose fémorotibiale médiale isolée symptomatique, chez un patient jeune (< 55 ans) et sportif ou actif, avec une faible déformation en varus (< 6° chez les hommes, < 5° chez les femmes), avec une hauteur patellaire idéalement dans la norme ou inférieure. La pente tibiale supérieure à 10° peut également un des éléments de choix de cette technique car cette technique a l'avantage de réduire la pente [165]. L'ensemble de ces éléments conduisent l'opérateur à préférer l'OTVF.

Un bilan radiographique comprenant une radiographie du genou de face en charge, de profil, une incidence de schuss ainsi qu'une goniométrie des membres inférieurs en charge permet de déterminer l'usure et la déformation.

1). Installation du patient

L'intervention est réalisée chez un patient en décubitus dorsal, sous garrot pneumatique. Un coussin est positionné sous la fesse homolatérale pour une position en rotation médiale du membre inférieur. Un coussin est également placé sous le mollet afin de détendre le paquet vasculonerveux postérieur (**Figure 89**).

L'amplificateur de brillance est placé en controlatéral au-dessus du genou et est incliné pour avoir un axe de scopie parallèle à l'interligne articulaire : la lame de scie pourra ainsi être positionnée dans le même plan afin de réaliser un trait d'ostéotomie respectant la pente tibiale. Un repérage scopique de l'interligne articulaire et du niveau d'ostéotomie est réalisé. L'amplificateur reste en place durant toute l'intervention

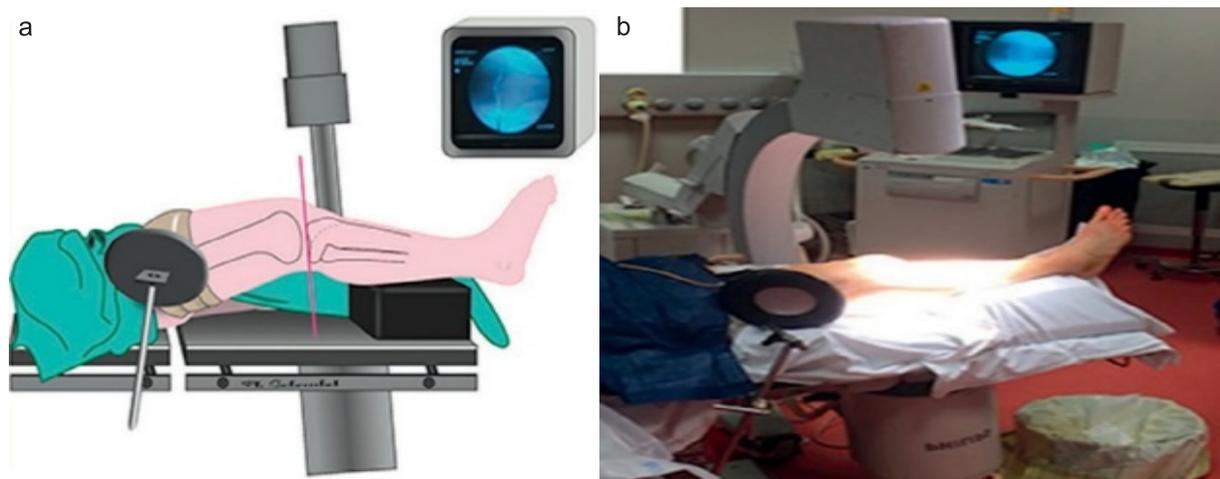


Figure 89 : Installation du patient en décubitus dorsal). a. Positionnement de l'appui, du garrot et du coussin. b. Positionnement de l'amplificateur de brillance, vue opératoire.

Un appui latéral au niveau du garrot permet de stabiliser et de maintenir la rotation interne du membre inférieur. L'installation du patient est un moment crucial du temps opératoire, le chirurgien veillera au respect des différents points abordés dans le tableau 2.

2) . Incision cutanée

On marque sur la peau les repères osseux de la tubérosité tibiale (TT), de la tête de la fibula et du bord supérieur du plateau condyle latéral (**Figure 90**). L'incision cutanée est arciforme débutant 1 cm sous le plateau tibial latéral et descendant 5 cm sous le bord supérieur de la TTA. Il est essentiel d'obtenir une bonne exposition sur la zone métaphyso-épiphysaire **Tableau 2**. Cette voie d'abord permet de réaliser l'ensemble du geste opératoire **Tableau 3**.

Après avoir ouvert l'aponévrose tibiale antérieure, on désinsère le muscle tibial antérieur et l'extenseur commun des orteils à l'aide de la rugine au ras de la corticale .

3). L'ostéotomie du col de la fibula est-elle systématique ?

Une mobilisation de la fibula est nécessaire pour pouvoir réaliser l'ostéotomie. Plusieurs techniques sont possibles : l'arthrolyse tibiofibulaire proximale,

Tableau 2 : Cahiers des charges de l'installation pour une OTVF et les astuces pour la réalisation

Cahier des charges	Réalisation
Avoir une bonne vision radioscopique peropératoire	Placer le patient en bout de table pour éviter les pièces métalliques Incliner l'amplificateur de brillance dans un axe parallèle à l'interligne articulaire
Pas de compression du creux poplité, ce qui pourrait gêner le décollement rétro-tibial	Placer un coussin à l'extrémité de la jambe opérée

4).l'ostéotomie du col de la fibula ou l'ostéotomie diaphysaire de la fibula.

L'arthrolyse tibiofibulaire proximale a l'avantage de diminuer le risque de complications liées au nerf fibulaire commun en se tenant à distance de celui-ci [166] sans augmenter l'instabilité postopératoire en varus du genou. Elle est réalisée à l'ostéotome après exposition de l'articulation tibiofibulaire proximale : l'articulation est exposée dans la voie d'abord au bord supérieur de l'incision arciforme puis une ouverture longitudinale de la capsule permet l'introduction de l'ostéotome vers la partie postérieure et supérieure de l'articulation . Un mouvement de rotation externe permet de terminer l'arthrolyse et de libérer les mouvements de l'articulation tibiofibulaire proximale. La mobilisation de l'articulation tibiofibulaire proximale est cependant limitée en cas d'arthrolyse et en cas de correction supérieure à 7°, une autre technique devra être préférée.

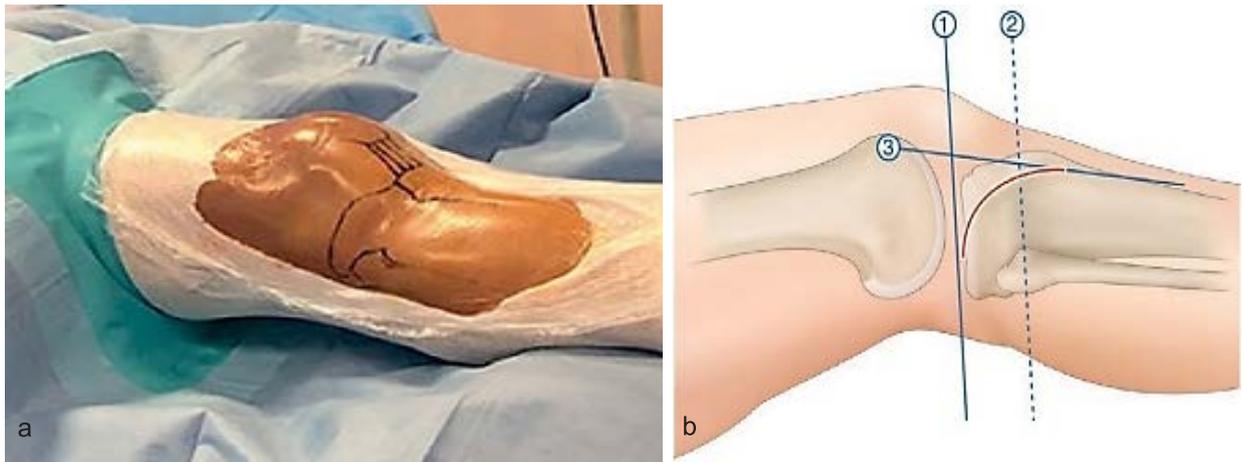


Figure 90 : Repères d'incision[166]

Une ostéotomie du col de la fibula pourra être réalisée avec un risque pour le nerf [166]. Celle-ci sera réalisée en veillant à bien dégager le col de la fibula pour protéger le nerf fibulaire commun.

Une ostéotomie diaphysaire de la fibula permet de diminuer le risque de lésion nerveuse (Figure 91), mais à un taux de pseudarthrose plus important [167].

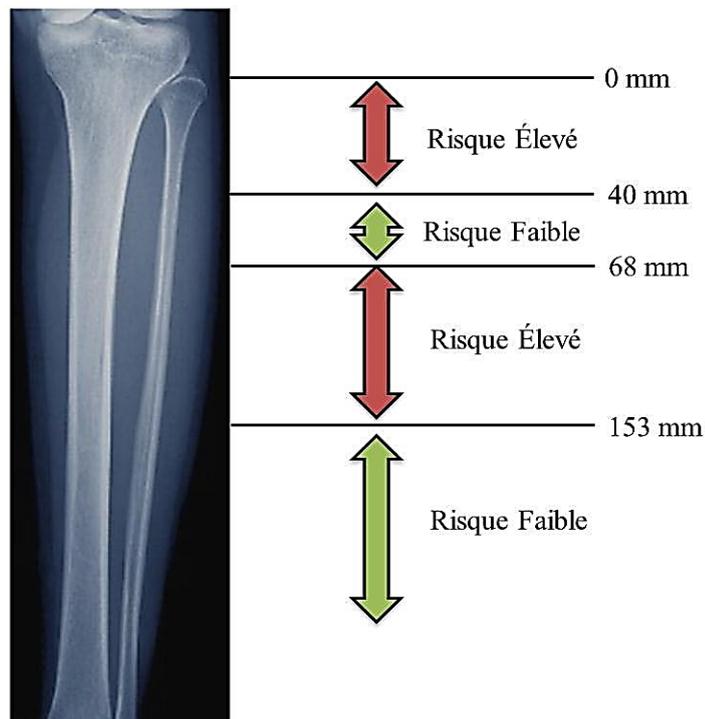


Figure 91: L'importance du risque de lésion du nerf fibulaire commun, selon le niveau d'ostéotomie de la fibula .[167]

Les avantages et inconvénients des différentes possibilités de gestion de l'articulation tibiofibulaire proximale sont résumés dans le **Tableau 3** : Cahier des charges pour la voie d'abord avec un cahier des charges décrit dans le **Tableau 4** : Avantages et inconvénients de la gestion de l'articulation tibio-fibulaire proximale. (**Figure 92**) : Arthrolyse tibiofibulaire supérieure a. Ouverture capsulaire et arthrolyse au ciseau de Cauchois. b. Mouvement de rotation libérant l'articulation tibiofibulaire. c. Vérification de l'ascension de la tête fibulaire)

Tableau 3 : Cahier des charges pour la voie d'abord

Cahier des charges	Réalisation
Bonne exposition de la zone métaphyso-épiphysaire tibiale	- Incision curviligne, débutant au bord latéral de la TT et finissant au niveau de l'interligne latéral à hauteur de la tête de la fibula

Bonne exposition de l'épiphyse
Bonne voie d'abord pour l'ostéosynthèse
Diminution des risques de nécrose cutanée en cas de reprise
Facilite l'arthrolyse tibiofibulaire proximale

Dans notre technique, nous réalisons l'exposition de l'articulation tibiofibulaire puis une arthrolyse à l'ostéotome. Une fois l'ostéotome placé dans l'articulation tibiofibulaire proximale **Figure 92**, un mouvement de rotation externe permet l'arthrolyse et une libération de l'articulation (**Tableau 5,6**)

Tableau 4 : Avantages et inconvénients de la gestion de l'articulation tibio-fibulaire proximale

Geste sur la fibula	Avantages	Inconvénients
Désarticulation/ arthrolyse tibiofibulaire proximale	Même voie d'abord Pas de problème de consolidation Peu de risque pour le nerf Pas d'incidence sur la stabilité du genou	Ne permet pas de grande correction d'axe
Ostéotomie du col de la fibula	Permet de grande correction d'axe Même abord Bonne consolidation	Risque de lésion du nerf fibulaire commun
Ostéotomie diaphysaire de la fibula	Pas de risque pour le nerf	Voie d'abord différente Risque de pseudarthrose (6) Douloureuse

Tableau 5 : Cahier des charges pour une gestion idéale de l'articulation tibio-fibulaire proximale

Ne pas empêcher la fermeture de l'ostéotomie tibiale
Ne pas endommager le nerf fibulaire commun
Ne pas être douloureuse

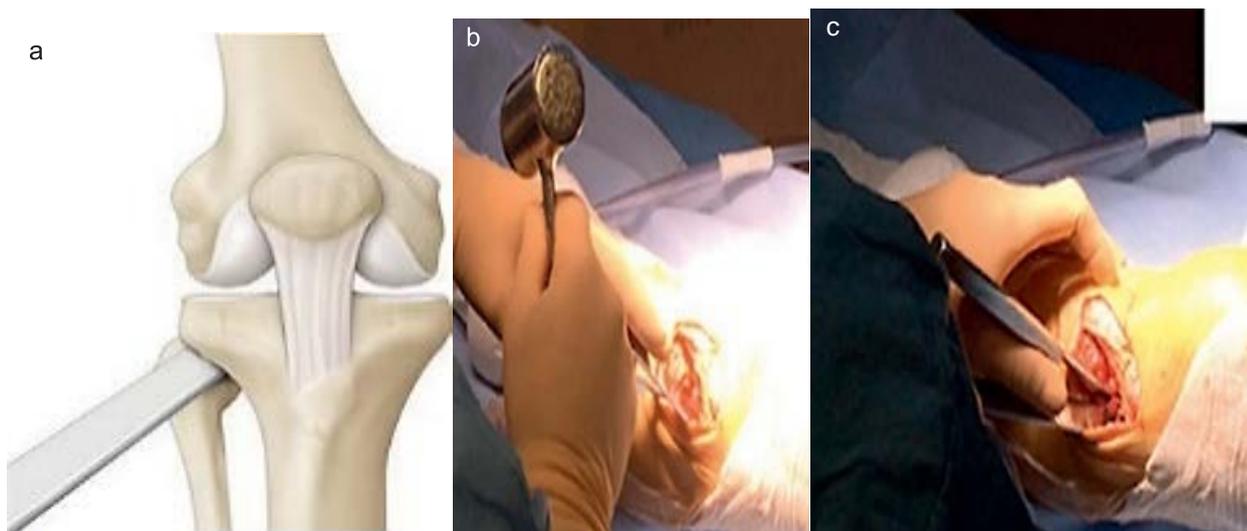


Figure 92 : Arthrolyse tibiofibulaire supérieure a. Ouverture capsulaire et arthrolyse au ciseau de Cauchois. b. Mouvement de rotation libérant l'articulation tibiofibulaire. c. Vérification de l'ascension de la tête fibulaire [166]

Tableau 6 Protection du nerf fibulaire commun

La bonne exposition de l'articulation tibio-fibulaire proximale est essentielle. En cas de choix pour une technique d'ostéotomie de la fibula, il faut bien dégager le col fibulaire afin de refouler le nerf en distalité. Les faces médiales et latérales de la fibula doivent être bien vues. La lésion du nerf est un risque de l'intervention.

5). Ostéotomie tibiale

L'ostéotomie est triangulaire à sommet métaphysaire médial. Elle comprend 2 ou 3 traits de scie suivant le niveau d'ostéotomie. Nous utilisons une scie sagittale. Après avoir mis en place une broche guide dont la hauteur est contrôlée à l'amplificateur de brillance, un écarteur radio-transparent à bord mousse est placé en postérieur pour la protection du paquet vasculonerveux postérieur.

Le premier trait d'ostéotomie est réalisé au-dessus de la TT après avoir bien individualisé l'insertion du ligament patellaire et est horizontal . Il débute sous l'articulation tibiofibulaire à environ 3,5 cm en moyenne sous le niveau de l'interligne fémorotibial . Une lame de scie peut être mise en place dans le premier trait d'ostéotomie pour donner l'axe de ce premier trait et guider la réalisation du deuxième trait d'ostéotomie. Un deuxième trait est ensuite réalisé sous le premier avec une distance entre les deux traits de scie qui dépendra du degré de correction souhaité calculé en préopératoire. Nous veillons à bien respecter la charnière médiale afin d'éviter les fractures de celle-ci [168]. L'ostéotomie est ainsi totalisée. Le coin osseux est retiré (Figure 93) .

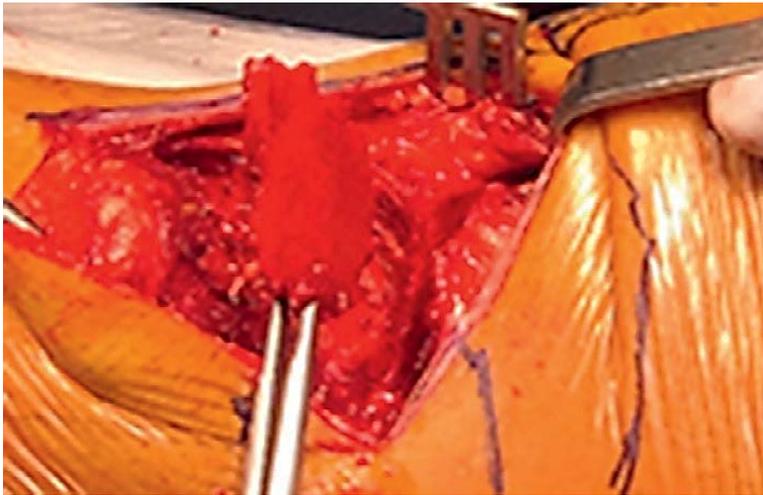


Figure 93 Coin osseux monobloc soustrait de la métaphyse[168]

En cas de TT haute, un troisième trait est parfois nécessaire dans le plan frontal avec une obliquité (angle alpha)(**Figure 94**) laissant une épaisseur d'os au niveau de la TT suffisante. La correction angulaire de l'ostéotomie se fait de manière progressive par manœuvres externes et sous contrôle scopique. Il faut s'assurer d'un contact parfait entre les deux tranches de section osseuse. Ceci permet d'espérer une consolidation facile et rapide.

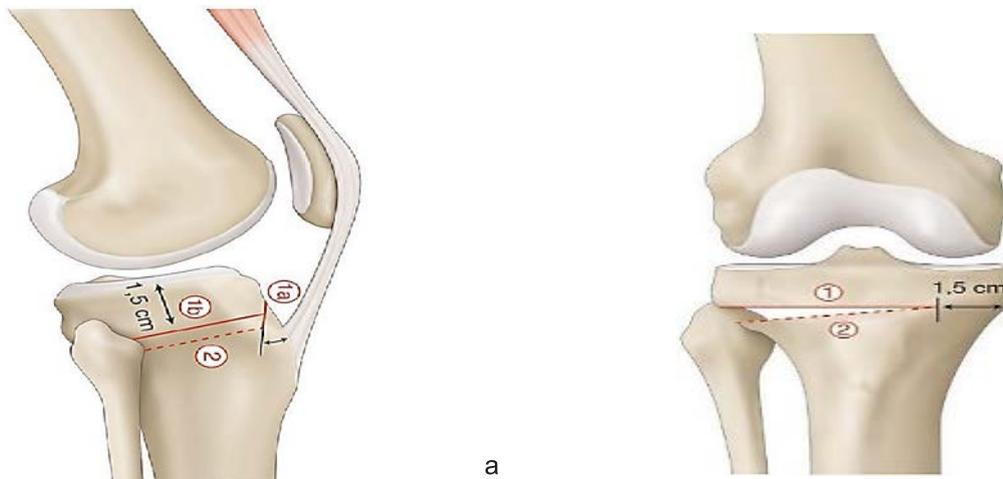


Figure 94 Réalisation des deux traits d'ostéotomie respectant la charnière médiale et le trait de refend frontal [169]

Le trait doit être mis en compression le plus possible. En cas de réduction difficile, il faut tout d'abord vérifier la bonne libération de l'articulation tibio-fibulaire proximale, puis s'assurer sous contrôle scopique que la charnière osseuse médiale n'est pas trop large (supérieure à 1,5 cm). Dans ce cas, il faut poursuivre l'ostéotomie de manière progressive et toujours sous contrôle scopique. Une fois ces paramètres réévalués et corrigés, une réduction par manœuvre latérale douce peut être poursuivie.

L'utilisation d'une compression progressive sur la plaque d'ostéosynthèse peut également être réalisée avec un ancillaire dédié. La compression est un élément important qui pourrait permettre une meilleure consolidation, certains auteurs recommandent l'auto ou l'allogreffe d'os spongieux dans le trait d'ostéotomie [169]. Bien que certains auteurs proposent la réalisation d'une OTVF pour des

corrections importantes ($< 12^{\circ}$ – 15°) [170], **Tableau 7** nous nous sommes fixé certaines règles résumées dans le

Tableau 7 Règles à appliquer afin de diminuer le risque de fracture de charnière médiale dans l'OTVF

Terrain	Règles à appliquer pour diminuer le risqué de fracture de charnière
Hommes	Ne pas dépasser 5 – 6° (coin de valgisation) de correction
Femmes	Tolérance jusqu'à 8° (coin de valgisation) de correction

6). Ostéosynthèse

La fixation peut se faire en utilisant une plaque ou une lame-plaque selon l'habitude de l'opérateur.

L'aide opératoire maintient la fermeture par manœuvre latérale en valgus forcé, le membre en extension. Un contrôle de l'axe par amplificateur de brillance est réalisé avant de terminer par la mise en place des vis diaphysaire (2 ou 3 vis). (**Figure 95,96**)

Quel que soit le matériel d'ostéosynthèse choisi, il doit respecter des conditions qui permettent d'assurer une bonne réduction et une bonne stabilité mais qui permettent également une chirurgie ultérieure [170], [154].

Lors de la fermeture, on prend soin de réinsérer le groupe musculaire antérolatéral de manière non étanche. Un drain de Redon, non aspiratif, peut être mis en place suivant les habitudes de l'opérateur. Un contrôle postopératoire est réalisé le jour de l'intervention avec un bilan radiographique de face et de profil .

7). Suites postopératoires

Le lever est autorisé le jour de la chirurgie avec appui contact pendant 3 semaines puis appui partiel protégé par deux cannes pendant 3 semaines supplémentaires. L'appui complet est autorisé au-delà de la 6eme semaine postopératoire après un contrôle radiologique permettant d'évaluer la stabilité du montage, le respect de la correction et la bonne évolution de la consolidation. Certaines équipes

ne donnent pas d'appui pendant 6 semaines [170]. Pendant cette période, le patient doit bénéficier d'une anticoagulation préventive en raison de la réalisation d'une ostéotomie

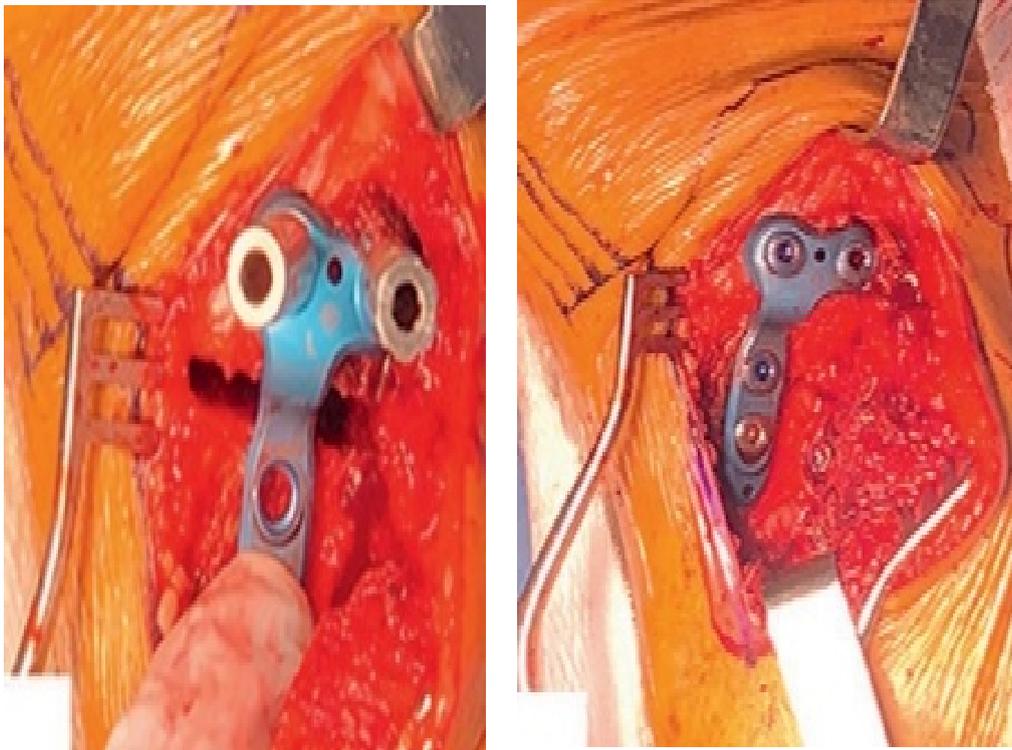


Figure 96,95 *Positionnement de la plaque d'ostéosynthèse métaphysaire*

La rééducation débute le lendemain de l'intervention avec récupération des amplitudes articulaires sans limitation de flexion. Le renforcement musculaire est isométrique sans soulèvement de charge jusqu'à obtention de la consolidation radiologique. La conduite automobile est autorisée à partir de la 8e semaine (sauf en cas d'embrayage automatique). [170]

L'arrêt de travail est de 3 à 4 mois selon la profession. La consultation de contrôle avec le chirurgien est prévue à 1 mois et à 3 mois afin d'autoriser l'appui complet après analyse de la consolidation (**Figure 97**).

a

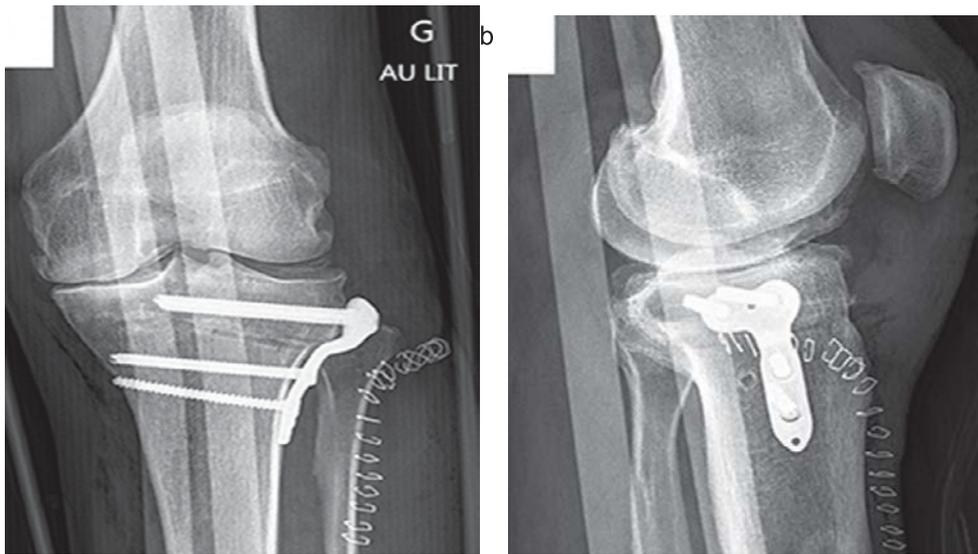


Figure 97 : Contrôle radiographique postopératoire immédiat de face et de profil montrant la mise en compression du foyer de soustraction

Un bilan radiographique comprenant des clichés de face, de profil, est réalisé à 1 mois et est complété par un pangonogramme des membres à 3 mois et 2 ans.

La reprise du sport est autorisée une fois la consolidation obtenue et la rééducation musculaire achevée. Dans la majorité des cas, elle est possible (75 %) et au même niveau (66 %)(**Figure 98**) .

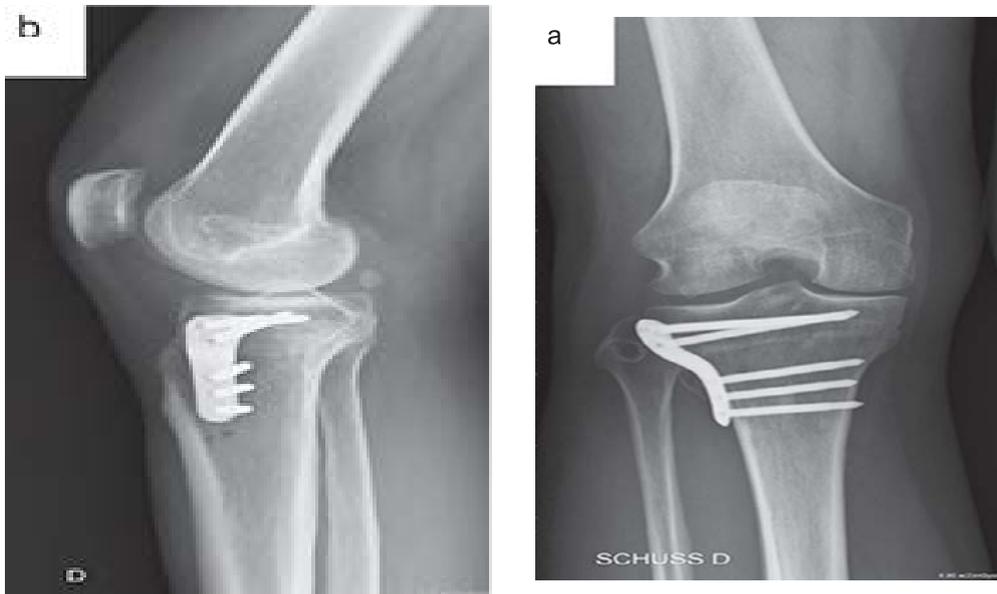


Figure 98. Contrôle radiographique de la consolidation osseuse complète à 3 mois avec valgus sial osseux métaphysaire et absence de pente tibiale augmentée

E. Comparaison entre ostéotomie par fermeture latérale/ouverture médiale ?

1-Y a-t-il une différence concernant l'impact sur la pente tibiale ou sur la hauteur patellaire ?

L'OTVF a une tendance à la **réduction de la pente tibiale** contrairement à l'OTVO qui **augmente** celle-ci [165].

Concernant la hauteur patellaire, celle-ci est souvent **diminuée** après une OTVO [165], contrairement à l'OTVF. Le risque est donc de développer une patella-inféra, ce qui est à prendre en compte lors de la programmation. **Kaper et al. [171]** ont montré que la hauteur patellaire moyenne diminuée de 10 % chez 54 % des patients de sa série après OTVOM.

2-Obtient-on une meilleure précision de l'alignement de l'angle HKA par OTVF que par OTVO ?

L'OTVO semble permettre une meilleure précision de l'alignement du membre inférieur par rapport à une OTVF [165]. Par ailleurs, il a été montré qu'il n'y avait de différence en termes de durée opératoire, de consolidation, et de résultats cliniques postopératoires [[126], [172]].

1). Complications chirurgicales liées aux ostéotomies :

1.1. Fractures de charnière tibiale (FC)

Il existe aujourd'hui une classification dans les OTVO (ouverture médiale) permettant de différencier les FC selon l'orientation du trait de fracture et leur stabilité [[173], [94]] (**Figure 99**) :

- **Type I** : le trait de fracture est oblique vers le haut, il survient dans le prolongement de la ligne d'ostéotomie. Cette fracture est considérée comme stable.
- **Type II** : le trait de fracture est vertical et dirigé vers le bas. Il est donc distal par rapport à l'articulation tibiofibulaire proximal.
- **Type III** : le trait de fracture est vertical et vers le haut dirigé vers le plateau tibial et correspond à une fracture intra-articulaire.

Les types II et III sont considérés comme des fractures structurellement instables entraînant à la fois une augmentation du délai de consolidation et une perte plus importante de la correction initialement réalisée en l'absence de prise en charge adaptée [94].

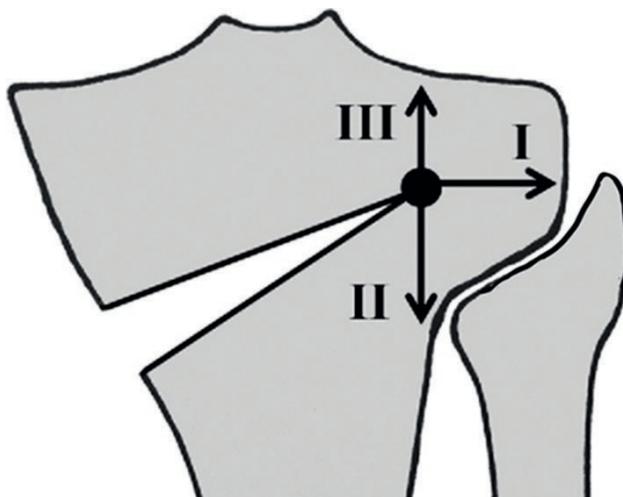


Figure 99 Classification de Takeuchi des fractures de charnière tibiales après OTVO[94,173]

1.2. Une classification a également été développée pour les fractures de charnière après OTVF (fermeture latérale) [168] :

- **Type 1** : le trait de fracture est dirigé obliquement vers le haut dans le prolongement de ligne d'ostéotomie
- **Type 2** : le trait de fracture est dirigé obliquement vers le bas.

Les fractures de type 2 sont associées à un risque plus important de pseudarthrose et de perte de correction **Figure 100**

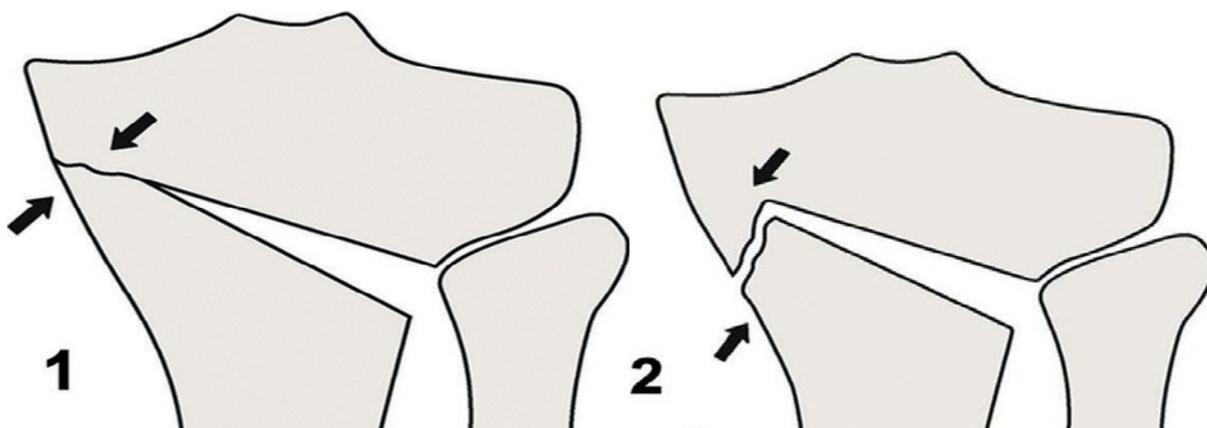


Figure 100 : Classification des fractures de charnière tibiales après OTVF, d'après Dorofeev et al.[168].

1.3 Prévention :

a. Choix du site de l'ostéotomie

Pour les OTV par ouverture médiale, le risque de fracture latérale semble influencé par le positionnement du trait d'ostéotomie. Certaines recommandations [174], [175] permettent de définir une zone de sécurité pouvant réduire le risque de ces fractures (**Figure 101**) :

- Les corticales antérieure et postérieure doivent être complètement coupées ;
- La fin du trait d'ostéotomie dans le plan frontal doit se situer au niveau de l'articulation tibiofibulaire proximal afin d'utiliser les éléments capsulaires comme moyen de fixation naturelle ;
- La fin du trait d'ostéotomie doit se situer à la hauteur de l'extrémité proximale de la tête de la fibula pour préserver l'articulation tibiofibulaire en dessous.

Pour les OT par fermeture latérale, peu de données permettent de définir une zone de sécurité, il reste cependant admis que :

- Les corticales antérieure et postérieure doivent être complètement coupées ;
- La fin du trait d'ostéotomie doit se situer à la hauteur de la tête de la fibula ;
- Une charnière médiale d'au moins 5 mm de largeur doit être respectée [176].

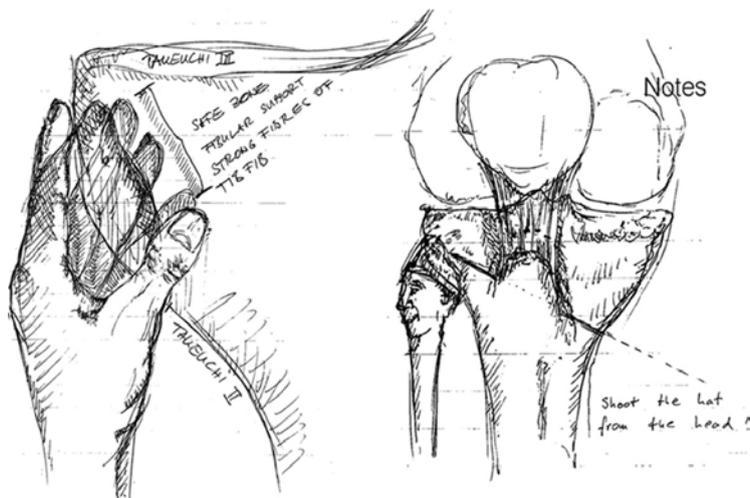


Figure 101 Représentation schématique de la « zone de sécurité » pour les OTVO d'après **Kristian Kley** . [174,175]

c. Perçage antéropostérieur de répartition des contraintes

Reyle et al. [177] ont montré qu'un trou perpendiculairement à la fin de la ligne d'ostéotomie diminuait le risque de fracture, mais exclusivement sur des petites corrections $< 5^\circ$ dans les OT par ouverture interne.

d. Utilisation d'une broche ou d'une vis dite « de charnière »

e. L'utilisation de guides de coupe sur mesure [178] a permis la conception d'instruments spécifiques à chaque patient. En utilisant ces guides, une étude cadavérique [179] a démontré que le positionnement d'une broche croisant le plan de coupe à l'emplacement théorique de la charnière latérale augmentait la résistance de celle-ci pendant l'ouverture et diminuait le risque de fracture (**Figure 102**)

Une étude clinique de **Gulagaci et al.** analysant les charnières latérales d'OT par ouverture interne. Soixante et onze patients ont été opérés avec cette broche temporaire de protection et 135 patients ont été opérés sans broche. Le taux de FC était de 43,3 % dans le groupe sans broche contre 16,7 % dans le groupe avec broche

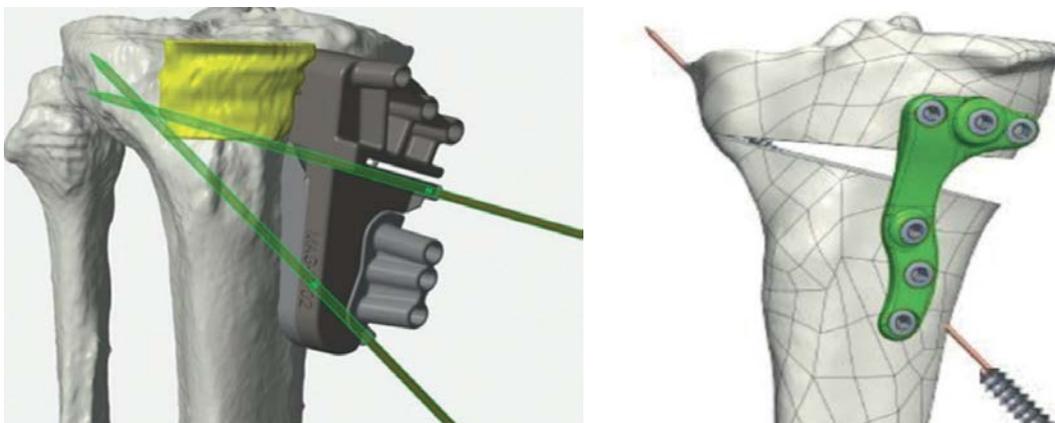


Figure 102 Représentation 3D d'une ostéotomie tibiale par ouverture interne à l'aide d'un guide de coupe sur mesure et montrant la broche de protection de la charnière [179]

1.4. Que faire lors d'un diagnostic peropératoire?

a. OT par ouverture médiale

- **Pour les fractures de type *Takeuchi I et II* :**

La technique de fixation primaire n'est habituellement pas modifiée [173],]. En revanche les consignes postopératoires sont adaptées. Pour *Takeuchi et al.* [173], L'appui total avec canne est autorisé après 2 semaines. Aucun retard de consolidation et aucune perte de correction n'est observé pour eux.

Pour **Gulagaci et al.** , un appui contact (50 % poids du corps) est autorisé les 6 premières semaines, suivi d'un appui total. Un retard de consolidation a été cependant observé pour les fractures de type II par rapport à l'absence de fracture ou une fracture de **type I**. En revanche, aucune perte de correction dans le plan frontal n'a été observée.

Il semble donc que la prise en charge des fractures types I et II ne repose que sur une adaptation du protocole de kinésithérapie et ne nécessite qu'une modération de l'appui sur une période allant de 2 à 6 semaines avant une reprise totale.

- **Pour les fractures *type Takeuchi III* :**

Il s'agit de fracture articulaire du condyle tibial médial ou latéral selon qu'il s'agisse d'une ostéotomie d'ouverture ou de fermeture.

Les conséquences cliniques sont plus importantes entraînant à la fois des retards de consolidation, voire des pseudarthroses, mais également à terme une perte de la correction compromettant le résultat fonctionnel [173].

La prise en charge de ces fractures diffère selon les auteurs [[173], [94]] mais certaines recommandations peuvent être établies : en peropératoire l'ajout de vis de compression parallèle à l'interligne tibial, permettant de refermer la fracture, est indispensable lorsque l'écart interfragmentaire est supérieur à 2 mm [94] ou lors d'un trouble de réduction intra-articulaire. Gulagaci et al [180]. Ont généralisé l'utilisation de cette vis complémentaire à toutes les FC type III, probablement du fait que l'utilisation d'une plaque verrouillée ne permettait pas de comprimer le foyer de fracture (**figure 99**). Une décharge postopératoire, comme pour toute fracture articulaire, s'impose en postopératoire quels que soient les auteurs, il est admis que l'appui doit être suspendu pendant au moins 6 semaines.

b. OT par fermeture latérale

Dorofeev et al. ont proposé un algorithme de prise en charge

- Pour les fractures **type a** : aucune modification de la prise en charge chirurgicale ou de la rééducation ne doit être proposée par rapport à un protocole standard (6 semaines d'appui partiel, puis appui total) ;

- Pour les fractures **type b non déplacées** : le protocole chirurgical et la rééducation ne sont pas modifiés (6 semaines d'appui partiel, puis appui total). En revanche une surveillance radiographique précoce doit être réalisée afin de dépister un éventuel déplacement secondaire, qui imposerait à une suspension de l'appui, voire une nouvelle ostéosynthèse, en cas de déplacement important ;

Pour les fractures **type b déplacées** : la réduction doit être obtenue et si nécessaire un autre matériel d'ostéosynthèse doit être utilisé (vis ou seconde plaque). L'appui est contre-indiqué pendant 6 semaines.

2). Fractures peropératoires : en dehors des ruptures de la charnière, la réalisation d'une ostéotomie de valgisation tibiale peut être compliquée par de véritables fractures, du condyle tibial médial dans les fermetures latérales et du condyle tibial latéral dans les ouvertures médiales. Leur fréquence est estimée entre 10 et 20 % [135]. Elles sont le plus souvent stables après fixation de l'ostéotomie, mais elles peuvent parfois nécessiter une prise en charge spécifique avec réduction et ostéosynthèse complémentaire quand la fracture ne se réduit pas ou de façon incomplète après la stabilisation de l'ostéotomie. Leur prévention repose sur la réalisation d'une ostéotomie laissant au moins 15 mm d'épaisseur au fragment proximal dans sa partie la moins épaisse et dans une manipulation douce de la charnière en s'étant assuré de sa fragilisation effective lors des manœuvres d'ouverture ou de fermeture [135].

3). Lésions vasculonerveuses : Les lésions vasculonerveuses lors d'une ostéotomie autour du genou sont rendues possibles en raison de la proximité du paquet vasculaire poplité et du nerf fibulaire commun.

4). Lésions du nerf fibulaire et de ses branches

- La fréquence des lésions cliniques du nerf fibulaire rapportée dans la littérature varie de 3,3 à 11,9 % et jusqu'à 27 % pour les atteintes infra-cliniques, mais significatives à l'électromyogramme [181]. Il s'agit soit de lésions peropératoires, le plus souvent par élévation, soit plus rarement de lésions secondaires, notamment par compression par un hématome, un pansement circulaire compressif [182].

- La prévention de ces lésions passe 1/ soit par une dissection prudente lors d'une ostéotomie du col de la fibula, 2/ soit par la réalisation d'une ostéotomie diaphysaire, qui doit être située idéalement à plus de 16 cm de la tête de la fibula. En effet, pour **Wootton et al.** [166], la zone la plus à risque de lésion du nerf fibulaire commun est située entre 8 et 15 cm de la tête de la fibula, en sachant toutefois que des lésions étaient également possibles après des ostéotomies situées au tiers moyen tiers distal de la fibula [166]. En cas d'ostéotomie fibulaire en zone médio-diaphysaire, le muscle le plus à risque est le long extenseur de l'hallux du fait de l'émergence de son innervation entre 7 et 15 cm de la tête de la fibula et de son mode d'innervation qui peut être multiple ou par une branche unique [32].

4) Lésions vasculaires

Les lésions vasculaires de l'artère poplitée sont principalement secondaires à une ostéotomie tibiale. Elles sont estimées dans la littérature entre **0,4 et 9,8 %** des cas [183]. Ces lésions sont favorisées par l'anatomie de l'artère poplitée qui est fixe à sa partie basse dans l'arcade du muscle soléaire. Plusieurs auteurs ont étudié les facteurs pouvant favoriser ces lésions, et notamment **Darnis et al.** [184]. Ces rapports anatomiques semblent donc justifier les précautions souvent proposées : une utilisation prudente de la scie oscillante, notamment si le genou est maintenu en extension ; de privilégier la section de la corticale postérieure sur un genou fléchi, ce qui éloignerait l'artère durant ce temps opératoire. Toutefois, cette affirmation est remise en cause par certains auteurs comme **Smith et al.**, qui préconisent la section postérieure en extension du genou [34].

Pour nous, la prévention de ces lésions nécessite une dissection soignée de la face postérieure du tibia avec une rugine type Lambotte, qui va décoller le muscle poplité puis la mise en place d'un écarteur type valve malléable étroite juste en arrière du tibia lors de la section de la corticale postérieure, comme le proposent **Georgoulis et al.** [32]. qui utilisent un écarteur de Hohmann [32].

5) Retards de consolidation et pseudarthroses

- Les retards de consolidation et les pseudarthroses sont plus fréquents après ostéotomie tibiale par ouverture que fermeture. Sherman *et al.* rapportent en effet un taux inférieur à 1 % dans les ostéotomies tibiales par fermeture contre un taux de retard de consolidation de 6,6 % et de pseudarthrose de 1,6 % dans les ostéotomies tibiales par ouverture [135].
- Un cas particulier est représenté par les pseudarthroses de la fibula dans les ostéotomies par fermeture latérale. En effet, quand elle est réalisée en diaphysaire, le taux de pseudarthrose peut atteindre 20 % des cas [135].
- Même si le matériel est actuellement plus fiable, elles peuvent être favorisées par une ostéosynthèse insuffisante en termes de stabilité mécanique ou mal utilisée, avec un taux de 3,4 % après utilisation de plaques non verrouillées et de 1,9 % avec une plaque verrouillée rapporté après les ostéotomies tibiales [185]. Concernant les facteurs liés au patient, Martin *et al.* soulignent les facteurs de risque habituels que sont le tabagisme actif avec 4,8 % de pseudarthroses chez les fumeurs contre 2,4 % chez les non-fumeurs et le diabète avec 16,6 % de pseudarthrose chez les patients diabétiques contre 2,6 % chez les non-diabétiques [186].
- En cas de retard de consolidation, le traitement est en règle, conservateur avec une modification éventuelle des consignes d'appui. En cas de pseudarthrose, le traitement comporte en règle un avivement de cette dernière et une greffe osseuse, parfois associé au changement ou à la modification de l'ostéosynthèse. Les pseudarthroses de la fibula sont souvent bien tolérées. Elles ne doivent être traitées que si elles sont cliniquement symptomatiques.

6) Complications non spécifiques

a. Troubles cicatriciels

Des troubles cicatriciels avec la persistance d'un écoulement cicatriciel, une désunion superficielle, une nécrose superficielle ou une cicatrice inflammatoire surviennent dans 5,6 % des cas [186]. Pour le même auteur, un hématome significatif était présent dans 2,8 % des cas [186]. Ces troubles sont le plus souvent bénins et ne nécessitent que des soins locaux. Ils doivent toutefois être considérés comme des signes d'alarme pouvant précéder une infection profonde. Il convient donc de ne pas les minimiser. Les soins locaux doivent être majorés jusqu'à cicatrisation complète associée à une surveillance médicale stricte.

b. Infections postopératoires

La fréquence moyenne de survenue a été estimée entre **0,5 et 4,7 %** des cas, dans une revue de la littérature de 2013 [187]. Ce taux est indépendant de la technique utilisée, notamment après les ostéotomies tibiales de valgisation [126].

- Les facteurs de risque établis dans la littérature sont peu nombreux. Il s'agit principalement de l'utilisation d'incision oblique dans les ostéotomies tibiales d'ouverture [188] et de l'utilisation de substituts osseux [189]. Les autres facteurs classiques d'infection postopératoire en orthopédie comme le **tabagisme, l'obésité ou la durée de la chirurgie** n'étaient pas retrouvés dans le travail d'Anagnostakos *et al.* [187].
- Le traitement sera toujours médico-chirurgical (**Figure 103**), sur le plan médical, une antibiothérapie probabiliste intraveineuse après réalisation de prélèvements profonds de qualité sera mise en place et relayée après réception des résultats bactériologiques pour un délai habituel de 6

semaines. Ce traitement doit être proposé et surveillé par un référent en infectiologie et non par le seul chirurgien. Sur le plan chirurgical, le traitement comporte toujours un temps d'excision des lésions infectées avec des prélèvements profonds en nombre suffisant (idéalement cinq) et l'ablation des substituts osseux.

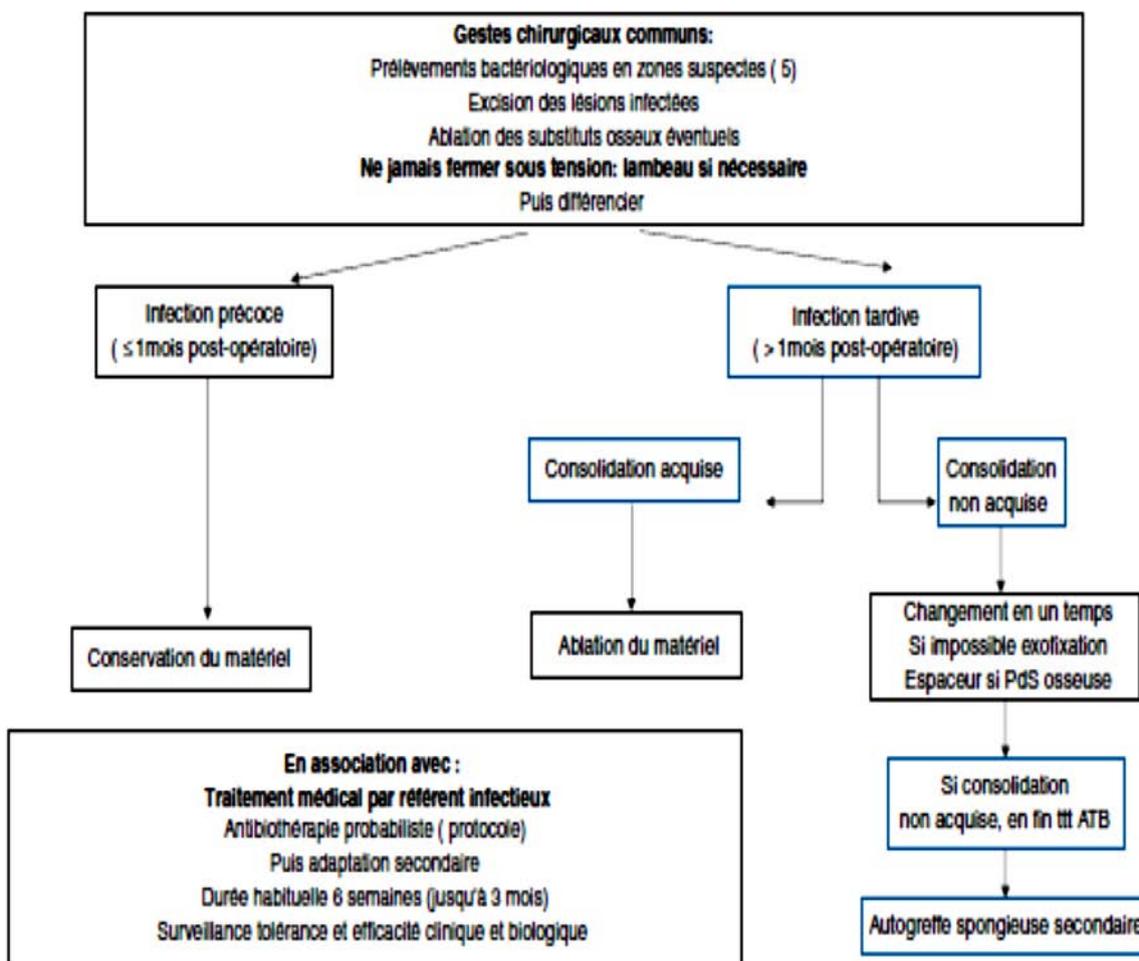


Figure 103 : Protocole de prise en charge des complications infectieuses après ostéotomies autour du genou

c. **Syndrome des loges :** le syndrome des loges survient principalement après les ostéotomies tibiales par fermeture latérale et concerne la loge antérolatérale. Sa fréquence n'est pas connue de façon précise. Une augmentation de la pression dans la loge antérolatérale est en revanche classique après une ostéotomie tibiale notamment de fermeture latérale [182]. Sa prévention repose sur une dissection atraumatique de la loge antérolatérale, l'absence de fermeture de l'aponévrose jambière et la mise en place systématique d'un drain

d. **Complications thromboemboliques**

L'incidence des complications thromboemboliques à type de thrombose veineuse profonde, voire d'embolie pulmonaire, est estimée en moyenne entre 2 et 5 % [190]. Toutefois, pour certains, elle

serait beaucoup plus importante avec une fréquence équivalente à celle survenant dans les prothèses de genou [191]. De plus, dans un certain nombre de cas, l'appui est initialement interdit ou partiel. Elles justifient donc un traitement préventif selon les recommandations en vigueur.

e. Raideurs articulaires : cette complication est rarement notée dans les publications. Après une ostéotomie tibiale, seuls Martin *et al.* rapportent cette complication définie par une mobilité inférieure à 90° au premier contrôle, dans 1,3 % des cas (4 sur 314). Ces 4 cas ont été traités avec succès par une mobilisation sous anesthésie générale. Dans 3 de ces 4 cas, l'ostéotomie était associée à un geste de reconstruction du croisé antérieur, pouvant suggérer une étiologie indépendante à la seule ostéotomie de cette raideur [186].

f. Les complications liées au matériel d'ostéosynthèse

L'incidence exacte des ruptures de matériel en dehors de celles secondaires à une pseudarthrose non traitée n'est pas connue. Elle était de 4 % dans la série de Martin *et al.* [186], qui utilisait en partie des plaques courtes à vis non verrouillées [186].

g. Syndrome douloureux complexe régional

Un syndrome douloureux complexe régional (SDCR) de type 1 ou 2 était noté respectivement dans 1,3 % des cas dans la série de *Martin et al.* [186]. Si les cas de SDRC de type 1 ont guéri entre 6 et 10 semaines après le diagnostic, les cas de SDRC de type 2 n'avaient pas guéri au dernier suivi compris entre 12 et 48 mois postopératoire. Le diagnostic de ces SDRC doit être posé après élimination d'autres causes de douleurs (notamment infection, problème mécanique, lésion neurologique opératoire) [186]. Si le diagnostic est étayé, une prise en charge en centre de la douleur est impérative pour améliorer le pronostic.

Résumer des principales complications secondaires aux ostéotomies autour du genou *Tableau 8*

Tableau 8 Incidence et points clés des principales complications secondaires aux ostéotomies autour du genou

Type de complication	Incidence publiée	Remarques
Complications spécifiques à une ostéotomie		
Fracture plateaux tibiaux	10–20 %	Nécessitent rarement un traitement spécifique, sauf déplacement
Atteinte clinique du nerf fibulaire	3,3 à 11,9 %	OTV par fermeture latérale ++
Atteinte vasculaire	0,4 à 9,8 %	Utiliser une valve placée entre tibia et muscle poplité, lors de la section de la corticale postérieure. Possible lésion de l'artère tibiale antérieure (variation anatomique fréquente 10–15 %)
Retard de consolidation et pseudarthroses	1 % vs 1,6 % 0,6 à 2 %	OTV par fermeture latérale vs OTV par ouverture médiale (et 6,6 % de retards de consolidation) – intérêt des plaques modernes à vis verrouillées Attention tabagisme actif, diabète OTF (3 % de retards de consolidation)
Troubles cicatriciels superficiels	5,6 %	Soins locaux majorés – Penser au risqué d' infection débutante
Infections postopératoires	0,5 à 4,7 %	Traitement à adapter à la durée d' évolution – État cutané si OTV par ouverture médiale
Syndrome des loges	NC	OTV par fermeture latérale ++ – reprise que si diagnostic précoce
Complications thromboemboliques	2–5 %	Thromboprophylaxie selon les règles habituelles
Raideurs articulaires	1,3 % 3,3 à 12,8 %	OTV, attention en cas de gestes articulaires associés OTF, éviter l' ouverture de la capsule
Rupture de matériel	0–4 %	Rare avec les plaques actuelles – évoquer en premier lieu un trouble de consolidation
SDCR type 1 ou 2	1,3 % chacun	Diagnostic d' élimination – pronostic réservé des SDRC de type 2

C. Rééducation après une ostéotomie autour du genou

La chirurgie d'ostéotomie (tibiale ou fémorale) est réalisée en ambulatoire ou lors d'une courte hospitalisation de quelques jours. Dans la plupart des cas, la rééducation se fait en kinésithérapie libérale, qui doit être prévue avant le jour de l'intervention, sans nécessité d'hospitalisation systématique en service de soins de suite de réadaptation. La prise en charge rééducative après ostéotomie doit s'adapter au contexte spécifique du patient, à ses antécédents et doit tenir compte de la technique opératoire, des

lésions associées (traitées ou non) et des consignes du chirurgien en postopératoire.

1) Objectifs et principes de la rééducation

Objectifs	Principes et règles
<ul style="list-style-type: none"> - Lutter contre la douleur <ul style="list-style-type: none"> - Diminuer l'œdème - Lutte contre les troubles cutanés et trophiques - Récupérer les amplitudes articulaires passives et actives en flexion et extension du genou - Gain en force des muscles péri-articulaires du genou et de tout le membre <ul style="list-style-type: none"> - Limiter le déconditionnement - Améliorer le contrôle neuromoteur et le schéma de marche <ul style="list-style-type: none"> - Éduquer le patient 	<ul style="list-style-type: none"> - 1er lever par le kinésithérapeute dans le service de chirurgie : 2 cannes anglaises, sans autorisation d'appui la plupart du temps, surveillance de la tolérance cardio-vasculaire - Rythme des séances adapté au patient et à son évolution : respect de la fatigue, progressivité dans les exercices <ul style="list-style-type: none"> - Travail kinésithérapie au seuil infra-douloureux - Respecter le délai de cicatrisation et la consolidation osseuse : exercices avec appui et résistance en respectant les consignes du chirurgien, courts bras de levier - Soins aquatiques (balnéothérapie) après cicatrisation cutanée et en l'absence de signes de pathologie thromboembolie ou infectieuse intercurrente

2) Moyens

a. Lutte contre la douleur traitement médicamenteux

Des antalgiques de palier I ou II peuvent être proposés si besoin, adaptés à l'échelle numérique/visuelle analogique. Le traitement pourra être complété par la prescription d'anti-inflammatoires non stéroïdiens en l'absence de contre-indication (rénale, digestive).

b. Moyens non médicamenteux : orthèse de genou : sa prescription est plutôt rare, et dépendra surtout des consignes du chirurgien. Il peut être proposé par certains opérateurs une orthèse en extension ou articulée, à porter jour et/ou nuit.

c. Physiothérapie antalgique

- **Cryothérapie** : elle peut être appliquée sous forme de *cold pack*, d'orthèse réfrigérée
- **Électrothérapie (basse fréquence)** : l'utilisation de la neurostimulation électrique transcutanée (*Trans-cutaneous Electrical Nerve Stimulation* [192]) à basse, voire très basse fréquence apporte un effet antalgique

d. Massages antalgiques décontracturants dans le cadre de contractures musculaires douloureuses, des techniques de pétrissage profond associé à des frictions et vibrations sur les points douloureux sont réalisées. [193]

e. Balnéothérapie en eau chaude

Elle est utile par ses propriétés myorelaxantes et antalgiques. Elle ne pourra débuter qu'après obtention d'une cicatrisation cutanée

f. Lutte contre l'œdème

Plusieurs outils permettent de limiter l'œdème postopératoire, qui est d'origine mixte veineux et lymphatique.

g. Bas de contention

Des bas de contention classe II devront être portés dès le premier lever et jusqu'à la reprise d'une marche avec appui complet et déroulement satisfaisant du pas.

h. Surélévation des jambes

Il faut éduquer le patient à surélever ses jambes tout au long de la journée lorsqu'il n'est pas debout.

i. Lutte contre les troubles cutané-trophiques

Afin de limiter les adhérences cutanées et sous-cutanées une fois que la cicatrisation est acquise et que les agrafes ou les fils sont enlevés, des massages à effet défibrosant mobilisant les cicatrices (du site de l'ostéotomie et de l'éventuel site de prélèvement de greffe), la patella et les plans plus profonds seront réalisés selon différentes techniques : palper-rouler, pétrissage transversal et longitudinal, pressions statiques, pressions glissées superficielles ou profondes, frictions [194].

j. Récupération des amplitudes articulaires

Les ostéotomies sont des interventions extra-articulaires et ne doivent pas limiter les amplitudes articulaires à moyen terme. En général aucune restriction n'est préconisée par le chirurgien.

k. Mobilisation passive instrumentale

La mobilisation passive par arthromoteur débute dès le premier jour postopératoire en flexion/extension du genou dans le secteur angulaire autorisé par le chirurgien. Cette technique instrumentale est intéressante en phase rééducative initiale jusqu'à l'obtention d'une flexion de 90°.

l. Kinésithérapie

Des manœuvres défibrosantes seront associées avec mobilisation de l'articulation fémoropatellaire en longitudinal et en transversal, suivies de contractions iso-métriques du quadriceps qui facilitent la vidange des culs-de-sac quadricipitaux. La mobilisation des articulations sus- et sous-jacentes ne doit pas être oubliée. Des techniques de contracté-relâché, tenu-placé, étirements musculaires, postures capsulo-ligamentaires en flexion, apprentissage des auto-postures en flexion viennent compléter la mobilisation articulaire.

m. Auto-exercices

Le patient réalisera des exercices en autonomie : travail de flexion/extension du genou assis avec planche à roulettes, lutte contre le flessum avec écrasement du creux poplité sur le lit.

n. Renforcement musculaire

Une orthèse d'extension non articulée peut être utile le temps d'acquiescer un verrouillage actif du quadriceps. Pour lutter contre la sidération quadricipitale initiale et favoriser le réveil musculaire, des massages par effleurages et pétrissages profonds initieront les séances et seront suivis de l'application d'électrostimulation.

o. Éducation thérapeutique, et information

Le patient doit être acteur de sa prise en charge en adoptant certains comportements et en réalisant lui-même des exercices. Il est crucial de lui délivrer des conseils adaptés. Le patient peut agir dans la lutte contre l'œdème. Il faut lui rappeler l'importance du port des bas de contention dès qu'il se lève, des postures en déclive, du changement régulier de position, et de la mobilisation active des orteils et du triceps sural.

Le patient peut aussi agir sur le plan articulaire : interdiction de mettre des coussins sous le genou au repos, conseils d'économie articulaire dans les activités journalières et professionnelles tels que l'évitement des mouvements répétés (hors sport), stations debout marche prolongée et manutention de charges lourdes, et préférer les activités en décharge articulaire. [195]

p. L'auto-rééducation sera apprise et encouragée : reconditionnement, amplitudes articulaires et renforcement musculaire, nutrition équilibrée avec apports protéiques suffisants, et nécessité d'un entretien cardio-respiratoire et musculaire au long cours par des activités de type natation.

3) Reprise professionnelle et sportive

Il est important d'informer sur l'évaluation tardive du bénéfice antalgique de l'intervention vers 6–8 mois. La reprise professionnelle est discutée au cas par cas, selon le caractère plus ou moins sédentaire de l'activité : elle peut s'effectuer vers 2–3 mois ou jusqu'à plus de 6 mois.

De même, la reprise sportive dépend du type et du niveau sportifs, avec reprise complète le plus souvent au-delà de 8 mois, notamment pour les sports en charge. Chez les sportifs, il est nécessaire de compléter la rééducation par la réathlétisation avant reprise sportive [195].

DEUXIEME CHAPITRE ÉTUDE PRATIQUE

I. MATERIELS ET METHODES.

Il s'agit d'une étude prospective randomisée et contrôlée, conçue pour comparer deux techniques chirurgicales dans le traitement conservateur de la gonarthrose sur genu varum : l'ostéotomie de la valgisation tibiale par ouverture médiale (Addition) ou par fermeture latérale (Soustraction externe)

L'étude a été monocentrique menée dans notre institution (Hôpital militaire régional universitaire de Constantine-service de chirurgie orthopédique et traumatologie) de Septembre 2020 jusqu' au Avril 2023, après l'obtention de l'approbation du comité scientifique et d'éthique médicale.

Tous les patients présentant une gonarthrose sur genu varum et répondant aux critères d'inclusions durant la durée du travail seront opérés par l'une des deux techniques.

Le choix de l'une ou de l'autre technique se fait d'une façon aléatoire indépendamment du statut fonctionnel du malade ou de ces tares et à l'issue de notre travail on définira deux groupes de malades :

- Un groupe opéré par ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture médiale (**OTVO**) ,
- L'autre opéré par ostéotomie tibiale de valgisation par fermeture latérale (**OTVF**).

Le recul est fixé à une année.

Tous nos malades sont contrôlés à J30, 3mois et 06 mois et une année mais nous allons rapporter les résultats du 3 mois et de 12 mois.

Les décès au cours de la première année seront étudiés à part.

1. La série

1.1 Critères d'inclusion.

Nous avons inclus dans notre étude tout malade consultant pour une gonalgie chronique, avec à l'interrogatoire :

- Un malade adulte autonome porteur ou non d'une maladie chronique
- Arthrose unicompartimentale médiale modérée stades I, II à III d'AhLBACK.
- Activité physique normale ou limitée.

1.2 Critères d'exclusion : il est exclu de la série tous malade :

- Non autonome ou dépendent
- Porteur d'une maladie chronique non équilibrée
- Arthrose évoluée (supérieure au stade III d'Ahlback) et/ou atteinte des autres compartiments.

1.3 Présentation de la série

Patients répondants aux critères d'inclusion sus cités et se présentant durant la période d'étude au niveau de consultation d'orthopédie à l'Hôpital Militaire Régional Universitaire de Constantine (HMRUC).

Calcul de la taille de l'échantillon

Pour déterminer la taille de l'échantillon on utilisera cette formule :

$$n = (z)^2 p (1 - p) / d^2$$

n = taille de l'échantillon

z = niveau de confiance selon la loi normale centrée réduite

(Pour un niveau de confiance de 95%, z = 1.96)

p = prévalence des phénomènes dans la population (gonarthrose du genou)

d = précision

La prévalence radiologique de l'arthrose (incluant les formes minimales à sévères) sur la base de la plus récente étude sur l'incidence globale mondiale de la maladie (GBD), la prévalence mondiale standardisée est de **3,8% [196]**.

Un minimum de 28 patients au suivi était nécessaire dans chaque groupe pour détecter une différence cliniquement significative, avec un taux de prévalence P estimé à 0.5% et une précision *i* à 02% .

-Si la valeur de p est inférieure à 0,05 (05%), la différence est statistiquement significative.

-Dans le cas contraire ou p est supérieure à 0.05 la différence n'est pas significative et la théorie est rejetée.

A partir de cette donnée nous pensons qu'une série comprenant **76 genoux** ne peut être que valable et retenue pour notre étude, il s'agit de

- 38 ostéotomies tibiales de valgisation par ouverture médiale (OTVO)
- 38 ostéotomies tibiales de valgisation par fermeture latérale (OTVF).

a. Déroulement de l'étude :

- Tous les patients ont bénéficié d'un examen clinique, d'un bilan radiologique
 - Clichés standards de face en charge,
 - Clichés de profil en légère flexion,
 - Incidences axiales à 30°-60°(fémoro-patellaires),
 - Une goniométrie des deux membres inférieurs,
 - Clichés de face à 30° de flexion incidences en " SCHUSS ".
- Une consultation d'anesthésie après bilan préopératoire.
- La collecte des données s'est faite grâce à une fiche individuelle, se basant sur un dossier électronique d'hospitalisation des patients (Fiche technique : Annexe 1)
- Avec la fiche d'anesthésie et compte rendu opératoire.
- Un examen quotidien du patient ; à la recherche de complications post-opératoires précoces, la surveillance de la plaie opératoire et le suivi du protocole de rééducation.
- Un contrôle mensuel durant les trois premiers mois puis trimestriel pendant les deux premières années postopératoires avec :(Un examen clinique minutieux du genou. Evaluation précise de l'amélioration fonctionnelle, la douleur et la qualité de vie du patient par les scores HSS, KOOS, Oxford).
- Une radiographie standard de contrôle (Clichés de face et de profil des genoux, clichés en charge, en incidences de SCHUSS) avec un pangonogramme au 6^{eme} mois postopératoire.

b. Période d'étude :

- Le recrutement des patients a débuté à partir de **Septembre 2020** et s'est terminé en **Avril 2023**.
- Pour le suivi des patients, avec une durée de 12 mois, il s'est déroulé de septembre 2021 jusqu'au mois d'Avril 2024

c. Taux de revus :

- Tous les patients ont été revus avant Avril 2024.
- Tous les patients inclus ont été suivis, sans aucun cas de perte de vue ni de décès enregistré pour les deux groupes.

d. Etude statistique :

- L'analyse statistique a été réalisée en collaboration avec le service d'épidémiologie de L'HMRUC.
- D'abord, nous avons analysé l'échantillon choisi pour chaque technique chirurgicale et vérifier les paramètres cliniques et radiologiques similaires afin d'éviter tout biais de sélection clinique et radiologique, ainsi que d'autres données telles que le temps opératoire et les complications
- Les résultats des variables quantitatives sont présentes sous la forme médiane en précisant l'étendue des valeurs retrouvées (Valeurs minimales et valeurs maximales).
- Ceux des variables qualitatives entre les deux groupes de sujets (technique opératoire OTVO ou OTVF, (signes cliniques subjectifs pré et postopératoires) sont exprimés en pourcentages.
- Les comparaisons des variables qualitatives ont été réalisées par des tests du Khi-deux ou des tests exacts de Fisher en fonction des effectifs théoriques et des comparaisons de distributions des variables quantitatives ont été réalisés par des tests de Student.
- Le test ANOVA, et la régression linéaire : pour l'analyse multi variée.
- Le seuil de signification choisi pour l'ensemble des analyses statistiques est de 0.05.
- Les analyses ont été effectuées avec le logiciel IBM SPSS Statistics v25 pour Windows (IBM Corporation, Armonk, NY, USA) et le logiciel Épi-Info version 7.
- Les résultats ont été considérés comme significatifs au niveau de l'intervalle de confiance de 95 % pour toutes les analyses statistiques.

Stratification des variables :

L'indice de masse corporelle : stratification selon la classification de l'OMS **Tableau 9**

Tableau 9 : IMC selon l'OMS

IMC	interprétation
<16,5 kg /m ²	Dénutrition
]16,5-18,5 Kg/ m ²	maigreur
]18,5-25 Kg/ m ²	corpulence normale
]25-30 Kg/ m ²	Surpoids
]30-35 kg/ m ²	Obésité modérée
]35-40 Kg/ m ²	obésité sévère
> 40 Kg/ m ²	obésité morbide

Stratification des données en fonction des scores fonctionnels obtenus (**Tableau 10,11**):

Tableau 10 : les scores HSS KOOS

Tableau 11 : le Score Oxford

<p><u>HSS et KOOS: (Annexe 6-7)</u></p> <p>-<60: mauvais</p> <p>- 60-69: moyen</p> <p>- 70-84: bon</p> <p>-85-100 très bon.</p>	<p><u>Oxford: (Annexe 8)</u></p> <p>0-19: mauvais</p> <p>20- 29: modéré</p> <p>30-39: bon</p> <p>40- 60: excellent.</p>
---	--

II. METHODES.

Techniques chirurgicales

L'objectif de notre travail n'est pas de rappeler la technique chirurgicale de l'ostéotomie tibiale de valgisation par addition interne (ouverture) ou par soustraction externe (fermeture), qui sont bien connues. Nous ne ferons que rappeler quelques points et particularités de la technique utilisée pour notre travail, ainsi que le type de matériel utilisé.

1) Ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture médiale (addition) OTVO :

Patients en décubitus dorsal, coussin sous la fesse homolatérale, genou au zénith, garrot à la racine du membre, un appui distal et un autre latéral sur la cuisse, le genou reste totalement libre et mobilisable, passant de l'extension à la flexion (**Figure 104**).



Figure 104 : *Installation du patient (Icono.pers)*

L'incision longitudinale, située à la face médiale du genou en regard de l'insertion des muscles de la patte-d'oie, est d'environ 8 cm, légèrement oblique, partant en dessous de la tubérosité tibiale et allant jusqu'à l'interligne articulaire. (**Figure 105, Figure 106**)

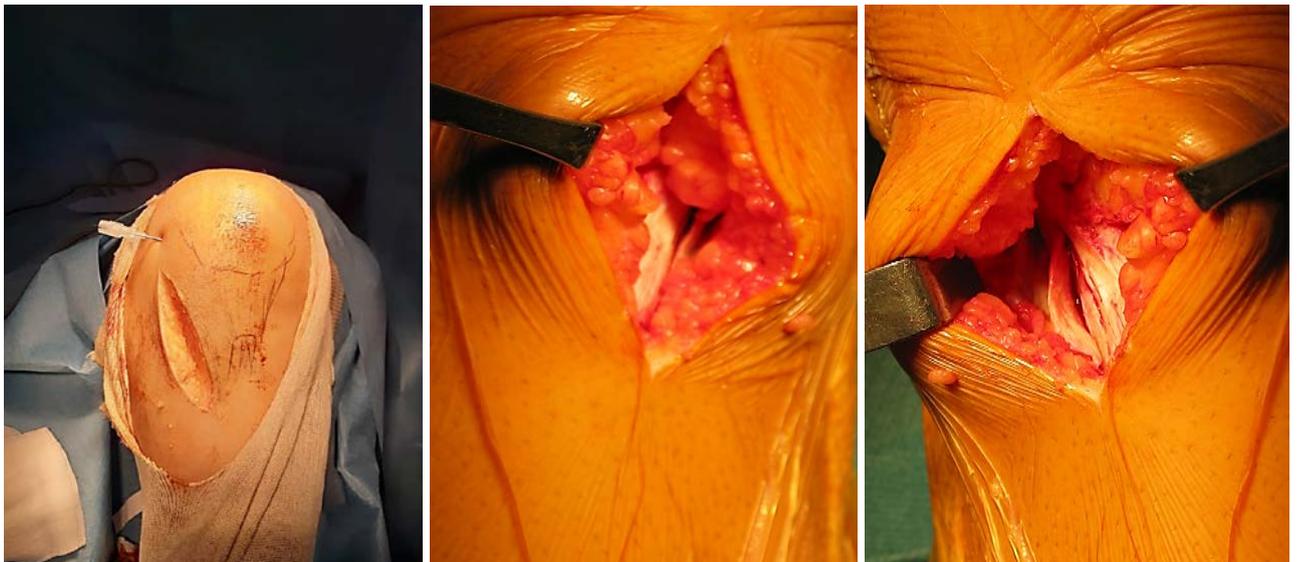


Figure 105 : *Incision longitudinale antéro-médiane (Icono.pers)*

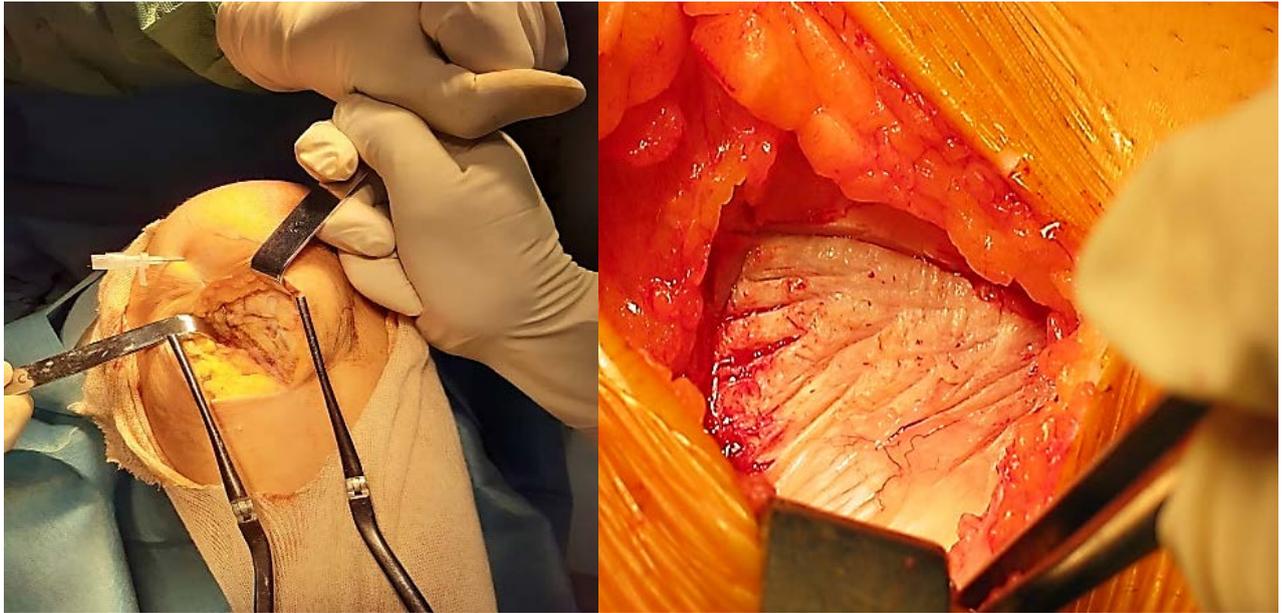


Figure 106 : Exposition de tibia proximale (Icono.pers)

Le niveau de l'ostéotomie est repéré à l'aide d'une broche. Le point d'entrée se situe à environ 3,5 cm à 4 cm en dessous de l'interligne articulaire. Le plus simple est de repérer comme point d'entrée le sommet de la concavité à la face médiale de la métaphyse tibiale. **(Figure 107)**

La broche repère est dirigée sous contrôle scopique vers l'extrémité supérieure de la fibula

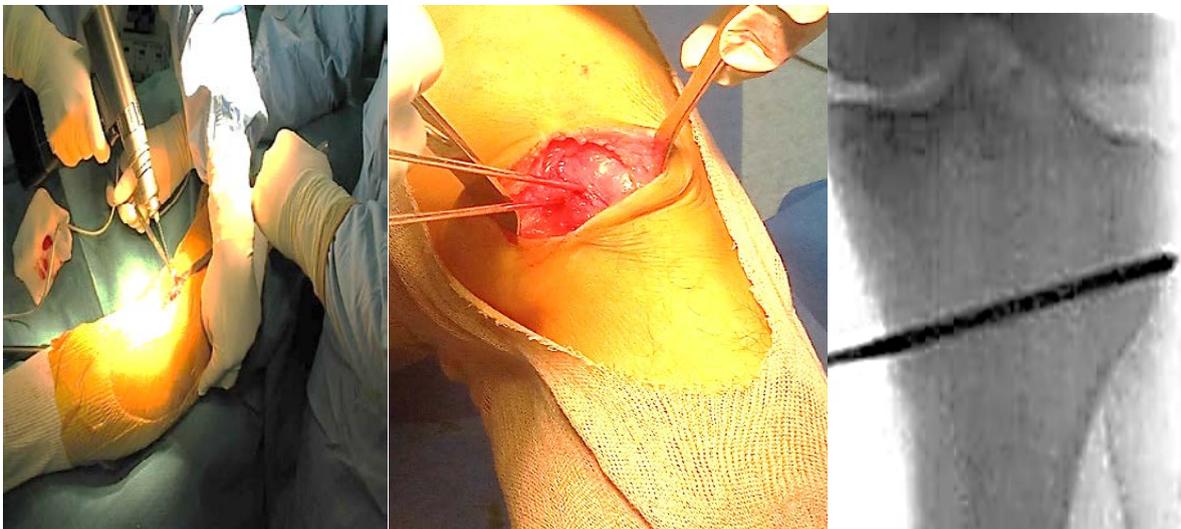


Figure 107 : Introduction des broches guides sous contrôle scopique (Icono.pers).

L'ostéotomie peut être réalisée à l'aide d'un ostéotome ou d'une scie oscillante.

L'ostéotomie devra être terminée avec un ciseau étroit (1 cm) car c'est le meilleur moyen d'être certain que l'on conserve la corticale externe qui va servir de charnière. **(Figure 108)**

Une fois l'ostéotomie réalisée en conservant la corticale postérieure, par le trait d'ostéotomie effectué à la face médiale, on dirige obliquement d'avant en arrière une mèche de 2,5 mm qui permet de faire le tracé de l'ostéotomie sur la corticale postérieure à la manière d'un timbre-poste.

Introduction des différents ostéotomes sous contrôle scopique ,pour réalise l'ouverture (**Figure 108**)

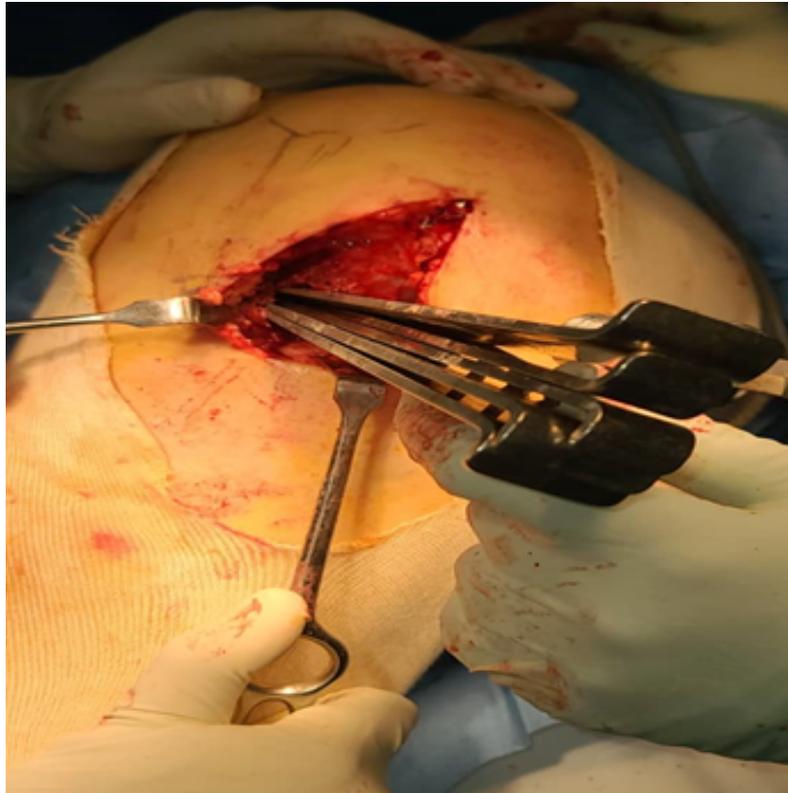


Figure 108 : Introduction des différents ostéotome sous contrôle scopique (ouverture)(Icono.pers).

On place une main sous le tendon calcanéen et le pied pour éviter que la jambe ne se mette « en flexion » au niveau de l'ostéotomie. L'autre main tient le ciseau à os de grande taille et fait levier sur l'extrémité supérieure du tibia pour ouvrir l'ostéotomie. le coin soit osseux (prélevé sur la crête iliaque) , ou de substituts osseux(acrylique) ou une cale métallique . est placé à la partie postérieure à l'ouverture tibiale pour évite toute modification de la pente tibiale. (**Figure 109**)

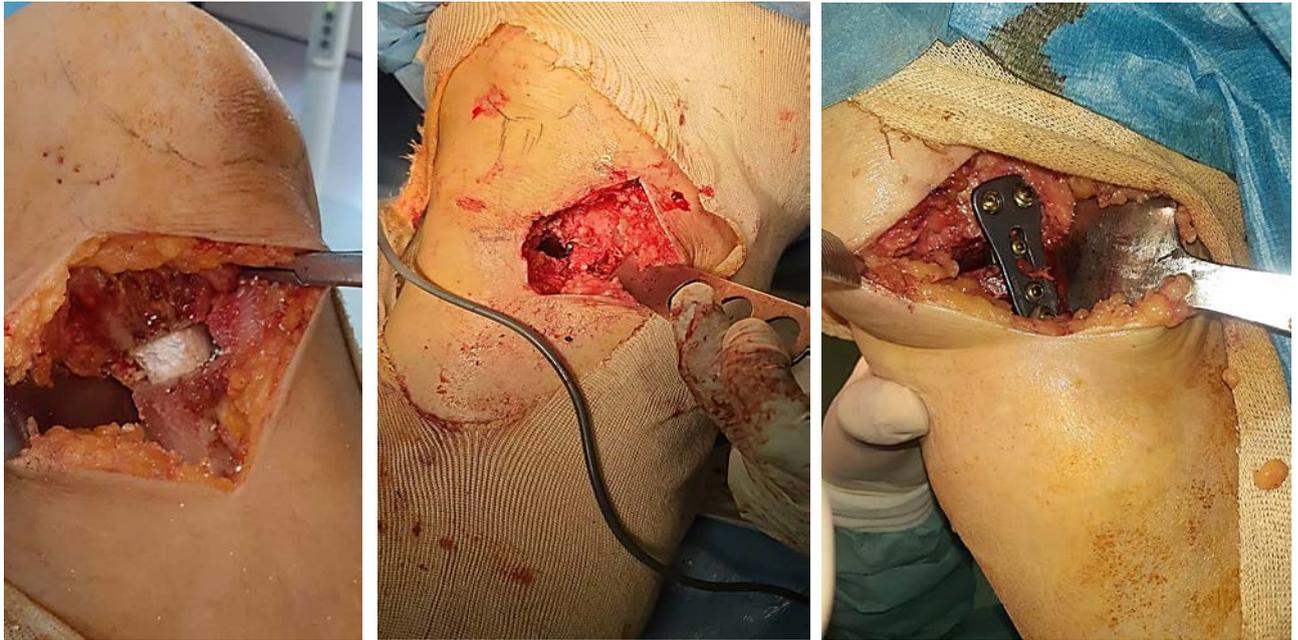


Figure 109 : Mise en place de coin (substitut osseux acrylique, greffon iliaque ou cale métallique) (Icono.pers). Mise en place d'une ostéosynthèse interne (une plaque à vis verrouillées) (**Figure 110**).

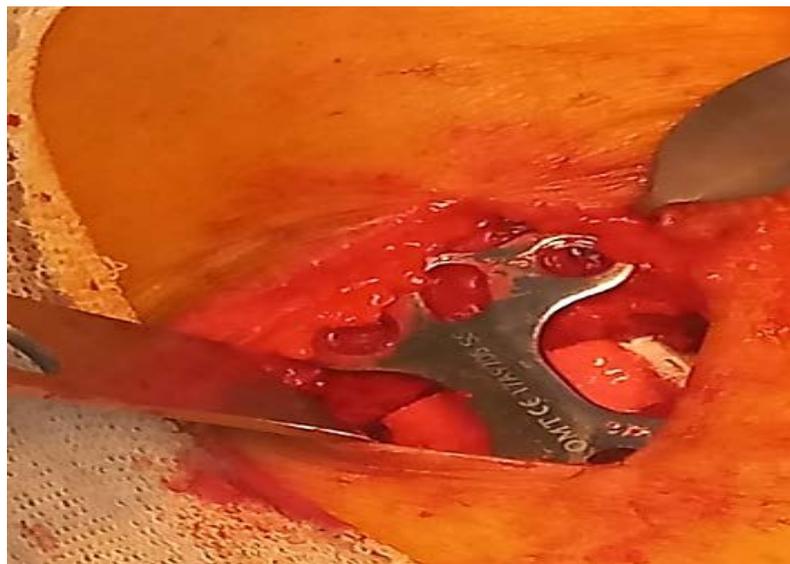


Figure 110: ostéosynthèse par plaque à vis verrouillée. (Icono.pers)

Fermeture plan par plan sur drain aspiratif apres contrôle scopique ,pour verifier la direction des vis.
Pansement et attelle posterieure , radiographie de contrôle (**Figure 111**)



Figure 111: Radiographie du contrôle d'OTVO (Icono.pers)

Suites postopératoires

- Lever dès le lendemain de l'intervention mais sans appui pendant 6 semaines ; marche avec 2 cannes
- Anticoagulation préventive pour une durée de 1 mois
- Port d'une attelle (à 10° de flexion) amovible de repos postopératoire
- La rééducation débute le lendemain de l'intervention avec une récupération prudente des amplitudes articulaires sans limitation de flexion (sauf 120° avant J15)
- Ablation du drain de Redon entre J2 et J4 en fonction du débit
- Une durée d'hospitalisation comprise entre 3 et 5 jours
- Ablation des fils de sutures à J15
- Un arrêt de travail 3 à 4 mois selon la profession
- Une pleine récupération des activités de loisir à 6 mois.

2) Ostéotomie tibiale de valgisation par fermeture latérale (soustraction) OTVF :

Concernant l'ostéotomie de valgisation, la voie d'abord est latérale précède d'une ostéotomie distale de la fibula.

La planification préopératoire reste la même ; après avoir noté la déviation angulaire sur le pangonogramme et estimé la correction angulaire à réaliser..

Pour le calcul des angles de correction et de la taille de la résection, nous avons choisi d'utiliser la technique qui nous semble être la plus simple.

Sans dépendre d'un matériel spécifique ou d'ancillaire particulier et à la portée de tout chirurgien .

Nous utilisons la méthode de **Dubrana** [197], qui a repris celle de **Coventry** [1] calculant empiriquement de 01 mm pour 01° de correction.

Il faut rajouter un artifice qui augmenterait la précision, utilisant, en peropératoire, le fil du bistouri électrique qui joint l'épine iliaque antéro-supérieur au centre de la cheville et qui passe par le centre du genou !

A cette méthode nous avons adjoint l'utilisation de deux broches placées de part et d'autre du foyer de l'ostéotomie, c'est la méthode dite automatique de **Langlais** et **Thomazeau** [85].

Technique opératoire

Patient installé en décubitus dorsal, coussin sous la fesse homolatérale (face postérieure des condyles parallèles à la table), garrot à la racine du membre et un amplificateur de brillance(**Figure 105**)

L'intervention comprend deux temps opératoires, le premier temps est l'ostéotomie de la fibula, qui est systématique dans notre série et le second temps qui comprend l'ostéotomie proprement dite de l'extrémité supérieur du tibia.

Incision latérale à 10/15 cm au-dessus de la malléole latérale,

Incision cutanée verticale centrée sur la fibula à la face externe de la jambe sur 04 cm,

L'aponévrose est incisée selon le même trajet, les muscles ruginés de part et d'autre de la fibula,

Des écarteurs de Hohmann protègent les parties molles et le nerf fibulaire superficiel, deux écarteurs contre coudés placés de part et d'autre,

Résection d'un cylindre de 05 mm de hauteur à la scie oscillante, (**Figure 111**) la résection d'un cylindre au niveau du 1/3 distal de la fibula plutôt que l'ostéotomie oblique classique présente des avantages significatifs. En effet, cette approche alternative permet d'éviter un nombre considérable de douleurs séquellaires à la face externe de la jambe.

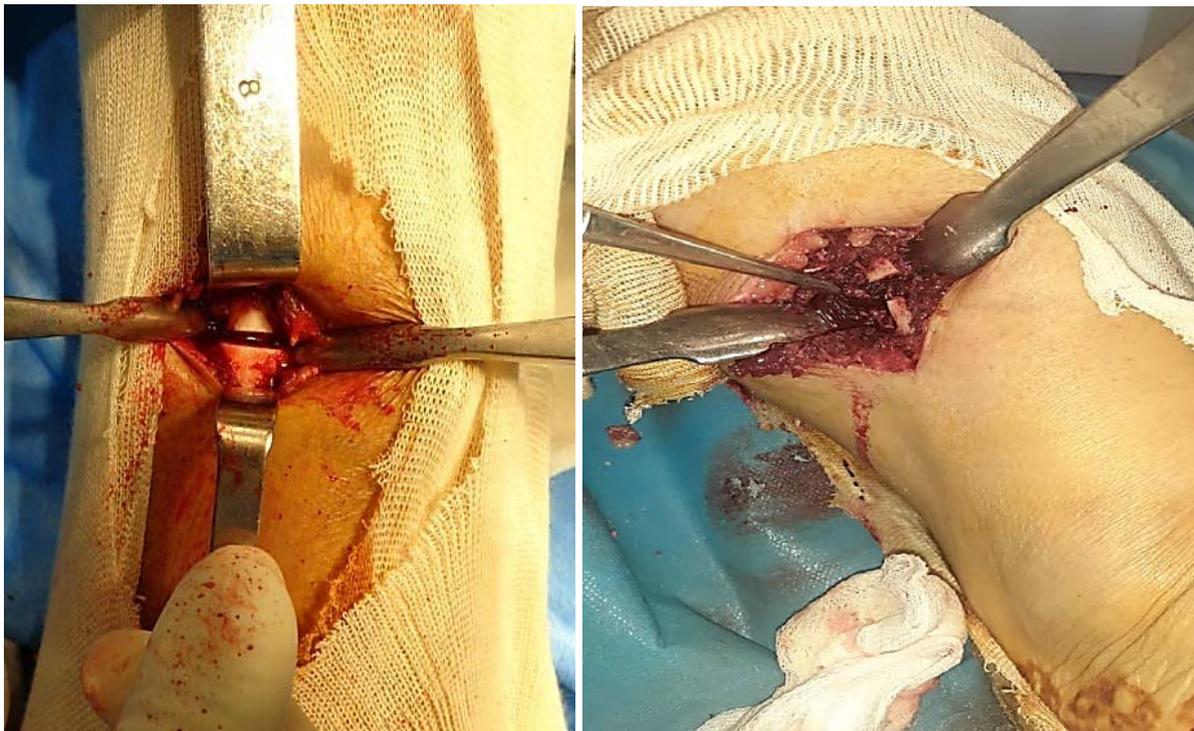


Figure 111 : Ostéotomie de la fibula (Icono.pers)

Fermeture, pansement compressif.

Ostéotomie du tibia proximal

Incision antéro-latérale de 10 cm ,

Ouverture de la bandelette de Maissat et l'aponévrose tibiale antérieure, sans interruption de la continuité (incision dans l'axe de leurs fibres) (**Figure 114.**)

Exposition de l'articulation tibio-fibulaire supérieure (facultative) (**Figure 115**)

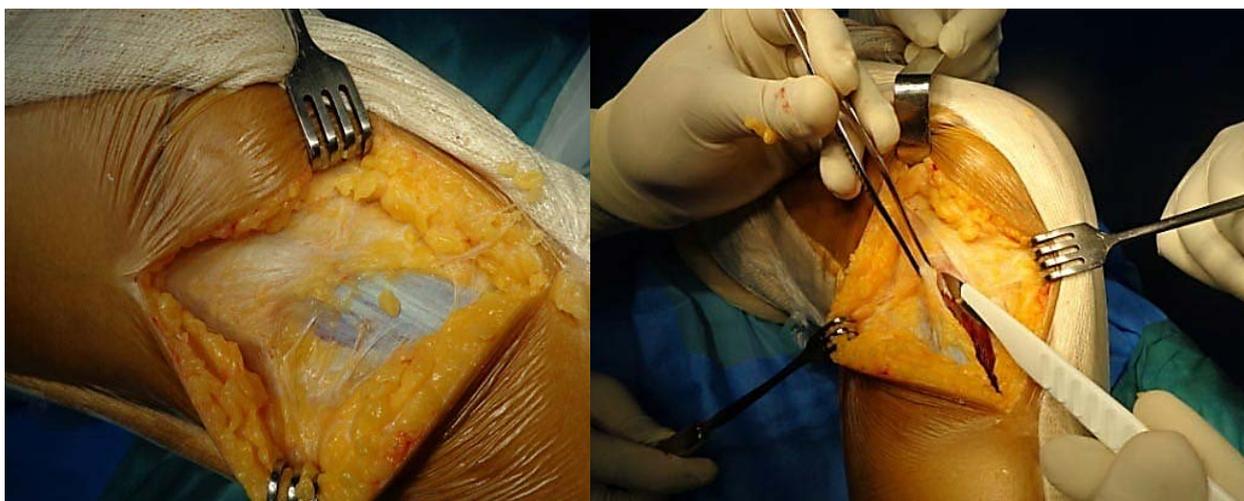


Figure 114 Exposition du tibia supérieur[225]

ouverture de l'aponévrose

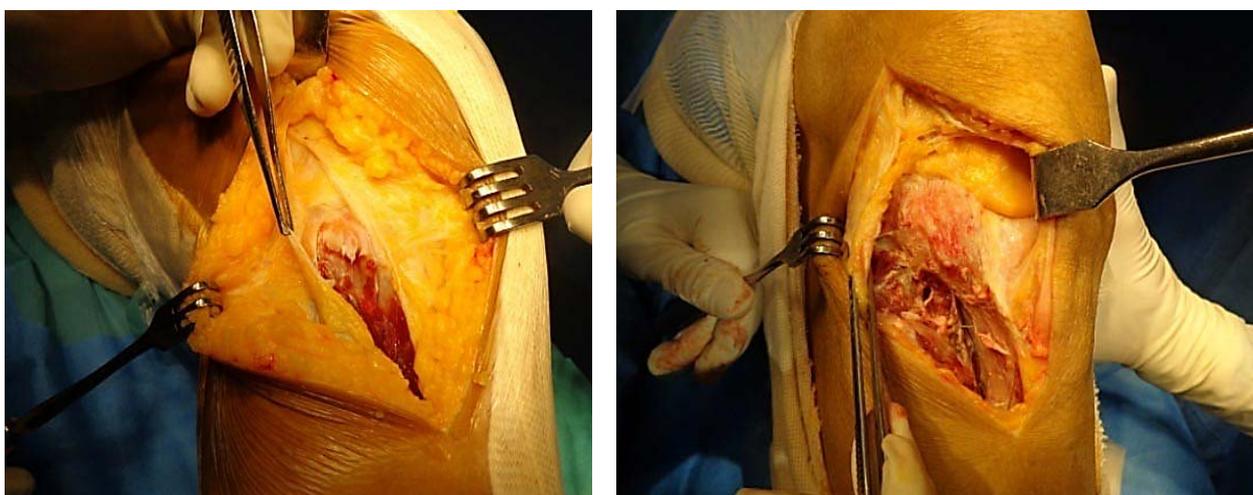


Figure 115 Exposition du Gerdy[225]

articulation tibio-fibulaire supérieur

- Il est intéressant de mettre en évidence le tendon patellaire, en passant une petite rugine courbe à sa face postérieure, ce qui permet de bien visualiser, la face antérieure de l'extrémité supérieure du tibia et contrôler ainsi, l'orientation et la progression de la scie oscillante,
- L'ostéotomie se situe au-dessus de la tubérosité tibiale antérieure,
- L'interligne articulaire fémoro-tibiale est repéré (aiguille),

- Mise en place d'une broche guide à 10 mm environ plus bas,
- En pliant le genou, on vérifie que la broche guide ne soit pas oblique en arrière et en dedans,
- Nous utilisons une règle graduée en mm pour marquer les limites de la résection cunéiforme (**Figure 116**)

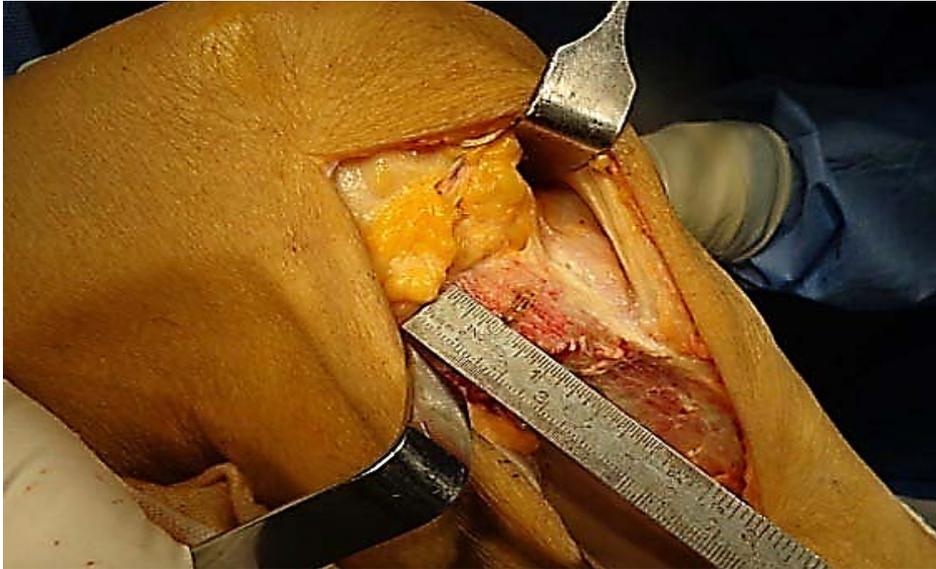


Figure 116: Utilisation d'une règle graduée [225]

- Introduction de la deuxième broche oblique en haut et en dedans, nous recommandons un trait oblique ce qui nous permet de garder un fragment épiphysaire large pour l'ostéosynthèse, même si on reconnaît aux traits horizontaux une plus grande stabilité, (**Figure 117**)
- Le premier trait passe au ras de l'insertion du tendon patellaire et vient au contact de la corticale interne, le second trait plus proximal est oblique et se dirige vers l'extrémité du premier, s'il est trop convergent il risquerait de créer une fracture de la corticale interne lors de la manœuvre de fermeture,



Figure 117 : Introduction des 2 broches guide sous contrôle scopique(Icono.pers)

- La résection cunéiforme se fait à la scie oscillante,
- Le genou est fléchi à angle droit pour éloigner le paquet vasculo-nerveux, on utilise une lame malléable postérieure,
- La coupe réalisée est ascendante,
- Il est vivement conseillé de préserver une charnière interne ostéopériostée
- Résection du coin osseux externe. **(Figure 118)**

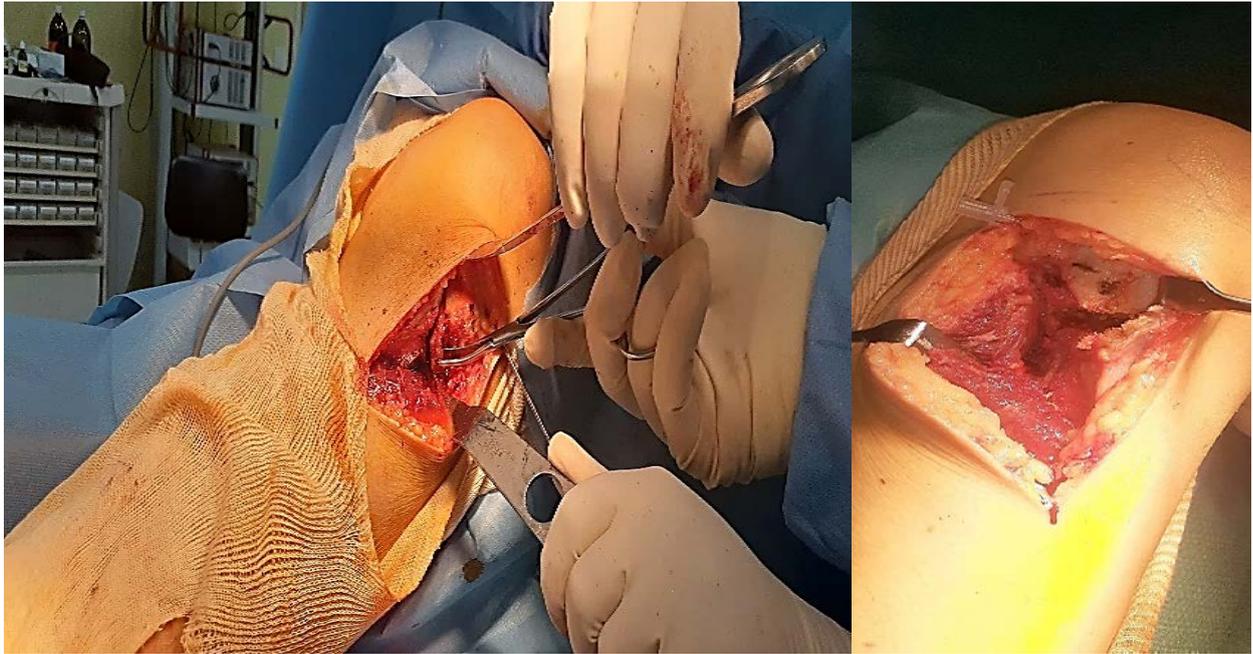


Figure 118 : Résection du coin osseux externe(Icono.pers)

- Nous portons la jambe en valgus, les deux broches sont alors parallèles
- Nous vérifions à l'amplificateur de brillance notre correction en peropératoire, en faisant passer le fil du bistouri électrique du centre de la tête fémorale au milieu de la cheville et on voit sa position par rapport au centre du genou, membre maintenue en valgus,
- Mise en place de la plaque vissée (plaque pré moulée)
- Vissage en proximal de la plaque, le genou étant fléchi,
- Nous portons alors le membre en valgus vers la plaque,
- Vissage de la plaque (**Figure 119**) ,

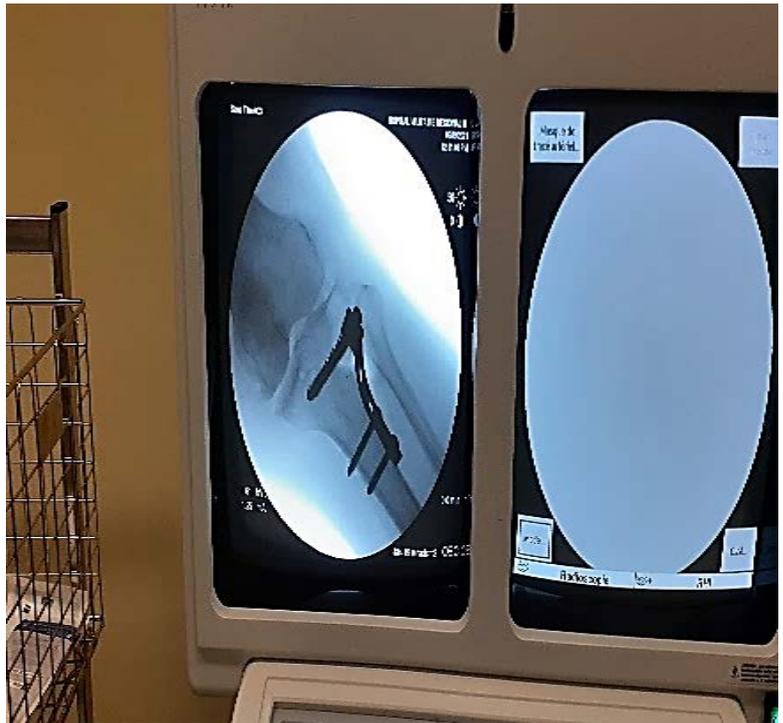


Figure 119 : mise en place de la plaque et contrôle scopique (Icono.pers)

- Nous terminons par un contrôle scopique, s'assurant de la bonne position et longueur des vis, mais aussi de l'absence de bâillement interne (**Figure 120**)
- La fermeture se fait sur un drain de redon aspiratif au tibia, pansement et attelle postérieure amovible.



Figure 120: Fermeture sur drain aspiratif et contrôle radiologique(Icono.pers).

- **Suites postopératoires**

- Lever dès le lendemain de l'intervention mais sans appui pendant 6 semaines ; marche avec 2 cannes
- Anticoagulation préventive pour une durée de 1 mois ;
- Port d'une attelle (à 10° de flexion) amovible de repos postopératoire ;
- La rééducation débute le lendemain de l'intervention avec une récupération prudente des amplitudes articulaires sans limitation de flexion (sauf 120° avant J15) ;
- Ablation du drain de Redon entre J2 et J4 en fonction du débit ;
- Une durée d'hospitalisation comprise entre 3 et 5 jours ;
- Ablation des fils de sutures à J15 ;
- Un arrêt de travail 3 à 4 mois selon la profession ;
- Une pleine récupération des activités de loisir à 6 mois.
- Attention ! Deux complications spécifiques sont à prévenir avec l'OTV par fermeture latérale :
 - Lésion du SPE.
 - Syndrome des loges.

III. Méthodes d'évaluation :

1.Évaluation clinique :

Un examen clinique des deux genoux est effectué, comprenant l'inspection pour apprécier toute déformation en varus ou valgus, la recherche d'épanchement, la palpation des interlignes articulaires et de l'insertion ligamentaire, ainsi que l'évaluation de la mobilité articulaire dans tous les secteurs (flexion, extension, etc.). On a également recherché une éventuelle hyperlaxité ligamentaire, évalué le tonus musculaire (présence d'amyotrophie ou non), observé le patient en charge (déviation, écart), évalué l'appui bipodal et monopodal, la stabilité, l'accroupissement, et observés la marche (boiterie, périmètre, douleur ou non). Tous ces éléments ont contribué à établir un score fonctionnel du genou.

La satisfaction du patient, en se basant sur son état fonctionnel préopératoire et sa capacité à reprendre ses activités quotidiennes tout en préservant au moins une certaine autonomie fonctionnelle, est le critère principal d'évaluation de notre travail. Les résultats cliniques des patients sont analysés et classés selon les 03 catégories de **Charnley.[198] Tableau 12 :**

Tableau 12 : Score Charnley

A : Atteinte uni-articulaire (pas d'autre handicap que l'articulation concernée).
B : Atteinte articulaire controlatérale invalidante.
C : Atteinte polyarticulaire (handicaps multiples).

2. Evaluation fonctionnelle :

Afin de comparer les deux groupes OTVO, OTVF avec les différentes séries de la littérature, nous avons opté le choix des scores fonctionnels suivant :

Score de Devane [199]

Utilisé pour classer la demande fonctionnelle des patients, **Devane (Tableau 13)**

Tableau 13: Score de Devane

Catégorie	
Sportif haut niveau /travailleur en force	5
Travail léger/sportif de loisir	4
Activités loisirs, jardinage, natation	3
Semi-sédentaire/travaux ménagers	2
Dépendant	1

Le score HSS

(*Hospital for Special Surgery*) le plus souvent employé dans la littérature .Ce score plus ancien est sur 100 points, Il étudie les capacités fonctionnelles du genou (**Annexe 1**).

Le score KOOS

Le score KOOS (The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score) regroupe 5 sous-catégories (douleur, symptômes, fonction, sport, qualité de vie). L'analyse des réponses se fait avec le logiciel KOOS, et permet d'obtenir 5 scores sur 100 ; 100 correspond au meilleur résultat possible, 0 au moins bon (**Annexe 2**).

Le score d'oxford

Pour ce score , 12 questions sont posées. Chaque réponse est cotée de 5 (niveau maximal d'activité) à 1 (niveau minimal d'activité) ; le score maximal étant de 60, le score minimal de 12
(Annexe 3)

3.Evaluation radiologique :

Mesure de l'arthrose:

L'étude a comporté la mesure du pincement de l'interligne médial, apprécié en pourcentage par rapport à l'interligne latéral, permettant d'utiliser la classification radiologique de l'arthrose d'Ahlback:

- stade I : pincement de l'interligne médial inférieur à 50 % ;
- stade II : pincement entre 50 et 100 % ;
- stade III : existence d'une cupule tibiale postérieure, inférieure à 5mm de profondeur ;
- stade IV : existence d'une cupule d'usure supérieure à 5mm de profondeur.
- Stade V : destruction osseuse sévère (> 10 mm)

Pour l'évaluation de l'arthrose fémoropatellaire, nous avons utilisé la classification d'Iwano[111],une classification simple de l'arthrose fémoropatellaire externe :

Stade I : Arthrose au début avec un pincement < à 3 mm,

Stade II : Interligne conservé mais pincement > à 3 mm,

Stade III : Pincement complet touchant au maximum ¼ de la surface articulaire,

Stade IV : Pincement articulaire complet, avec contact osseux de l'ensemble de la facette articulaire rotulienne.

Mesures goniométriques :

L'angle HKA (*Hip – Knee – Ankle*) est évalué sur le pangonogramme.

Nous avons également mesuré l'angle fémoral mécanique (HKI) qui est l'angle entre l'axe mécanique du fémur et la tangente aux plateaux et l'angle tibial mécanique (AKI) entre l'axe mécanique du tibia et la tangente aux plateaux tibiaux . La mesure de l'angle HKI et AKI peut être faussée par l'usure du plateau tibial.

Sur le pangonogramme en appui bipodal :

Nous avons mesuré l'angle fémoro tibial mécanique.

Angle entre 178° - 181° = normo axé,
Angle inférieur à 178° = genu varum .
Angle supérieur à 181° = genu valgum.

Mesure de la pente tibiale:

Les mesures radiographiques de la pente est effectuées sur les radiographies de profil du genou en préopératoire et au dernier recul. Nous avons retenu la mesure de la pente selon la méthode de **Brazier**[105] utilisant comme référence unique la corticale postérieure du tibia. La mesure de la pente tibiale correspondait à l'angle formé par la tangente au plateau tibial médial et la perpendiculaire à la tangente à la corticale postérieure du tibia

Mesure de la hauteur rotulienne:

La hauteur de la rotule peut être étudiée sur les clichés de profil par la méthode de **Caton** [104]. Cette méthode est valable quel que soit le degré de flexion du genou entre 10° et 80° . Le rapport AT/AP (AP = longueur articulaire de la rotule ; AT = distance entre le bord inférieur de la surface articulaire de la rotule et le bord antéro-supérieur du tibia) est normalement égal à 1 ; il est identique chez l'homme et chez la femme. AT/AP = $0,96 \pm 0,134$ chez l'homme et $0,99 \pm 0,129$ chez la femme. On parle de rotule haute lorsque le rapport AT/AP est $\geq 1,2$ et de rotule basse quand le rapport est $\leq 0,6$.

4.Le taux de complications:

Quelles soit immédiates, précoces ou tardives, liées à la chirurgie, la technique ou l'évolution clinique.

5.Progression de l'arthrose :

Par une surveillance radioclinique rapprochée pour déceler le moindre signe de progression de l'arthrose vers le compartiment latéral et/ou fémoropatellaire.

6.La survie /révision par PTG :

Grace à la mesure du taux de survie (taux de révision) des deux techniques avant sa révision par une prothèse totale du genou, soit pour échec ou progression de l'arthrose vers les autres compartiments

IV. Etude de la série :

1) Taille de l'échantillon :

L'étude a inclus tous les patients âgés entre 27 et 70 ans, des deux sexes et opérés d'une gonarthrose fémoro-tibiale sur genu varum, remplissant tous les critères d'inclusion suscités, par une de ces deux techniques entre Septembre 2020 jusqu'au Avril 2023.

Le nombre de patients a été fixé à 38, par groupe, soit un total de 76 cas. 38 patients ont bénéficié d'une ostéotomie tibiale de valgisation par addition interne (ouverture) OTVO (groupe témoin) et les 38 autres, ont bénéficié d'une ostéotomie tibiale de valgisation par soustraction externe (fermeture) OTVF

2) Caractéristiques démographiques des patients :

a. Répartition selon le sexe

Tableau 14 : Répartition selon le sexe

Ostéotomie tibiale de Valgisation						
Genre	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Femme	28	73,68	30	78,95	58	76,3
Homme	10	26,32	8	21,05	18	23,7
Total	38	100	38	100	76	100

P=0,255

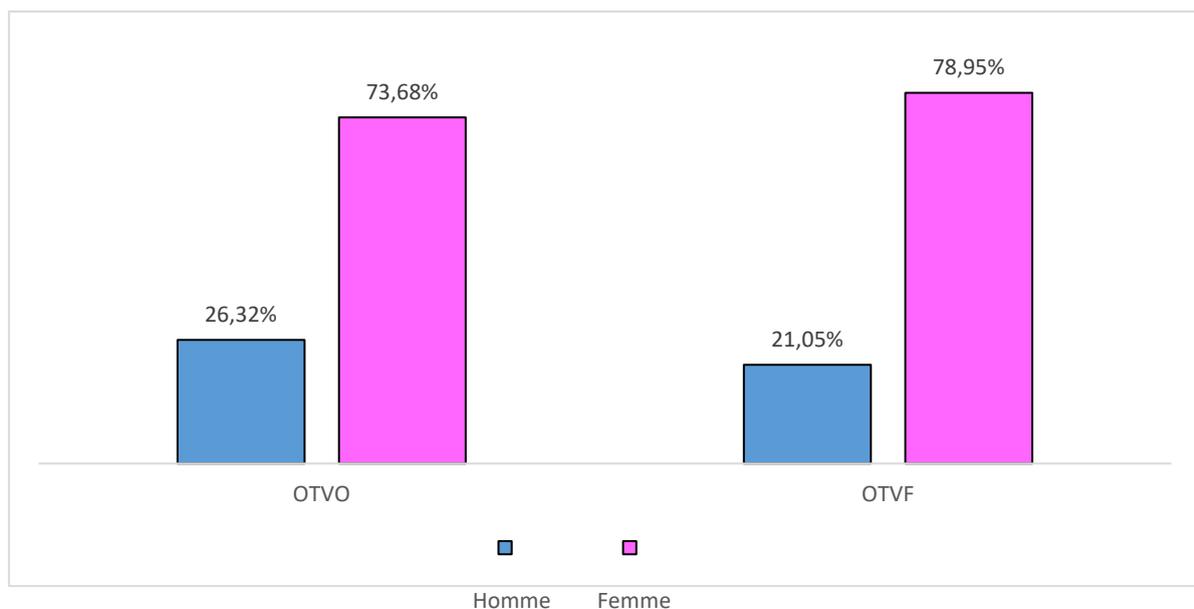


Figure 121: Répartition des patients selon le genre pour les deux techniques

La population se compose de 58 femmes et 18 hommes, (sex-ratio = 0,31) (**Figure 121**).

OTVO : 73,68 % de femmes et 26.32% d'hommes .

OTVF : 78,95% de femmes et 21,05 % d'hommes.

Il n'y a pas de différence statistiquement significative concernant le sexe dans les deux groupe (p >0,05).

b. Répartition selon l'âge :

Tableau 15 : Répartition selon l'âge :

Age	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
25 39	5	13,2	3	7,8	8	10,5
40 49	3	7,8	4	10,6	7	9,2
50 59	14	36,8	18	47,4	32	42,1
60 65	12	31,6	11	29,0	23	30,3
65 71	4	10,6	2	5,2	6	7,9
Total	38	100	38	100	78	100

p=0,762

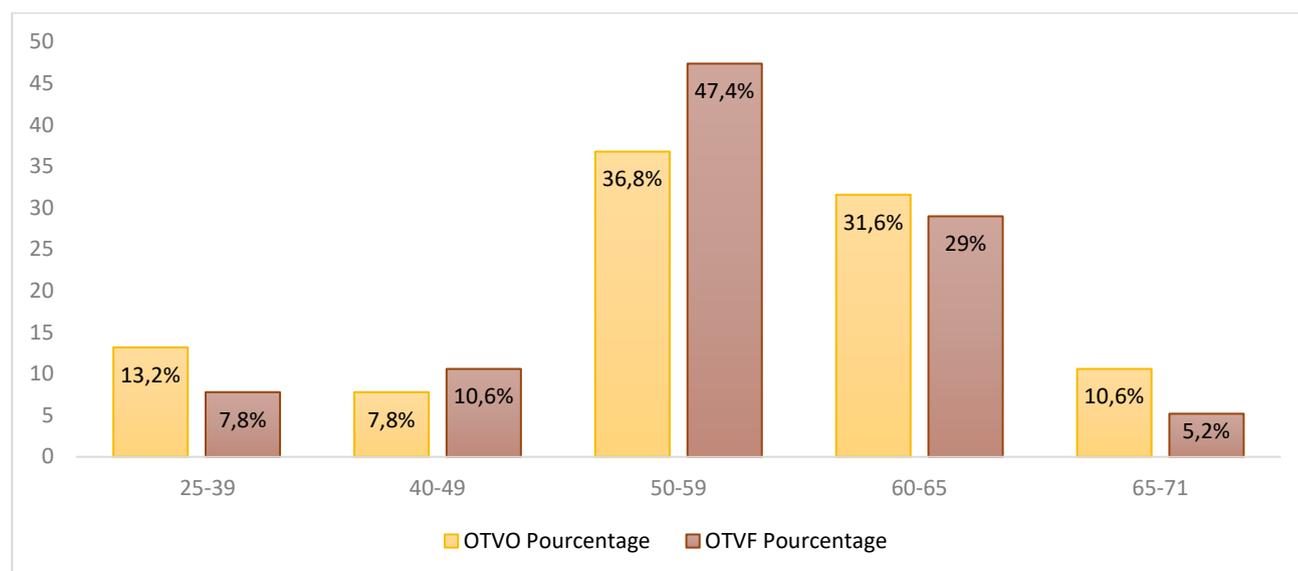


Figure 122: Répartition selon l'âge

La moyenne d'âge dans le groupe OTVO est de 55 ,95±10,37 ans, alors qu'elle est de 54,92±8,73 ans dans le groupe OTVF.

Pour une meilleure analyse des données, nous avons regroupé les patients en quatre catégories d'âge (25 à 39 ans, 40 à 49 ans , 50 à 59 ans et 60 à 71 ans) (**Figure 122**).

42,1 % avait un âge compris entre 50 et 59 ans dans 36,8% OTVO et 47,4 % OTVF.

Il n'y a pas de différence statistiquement significative pour l'âge dans les deux groupe (p=0,762).

c. Répartition selon l'indice de masse corporelle :

Tableau 16 Répartition selon l'IMC

Ostéotomie	Moyenne	Minimum	Maximum	Variance	Ecart-type
OTVO	28,263	23,00	32,00	4,5235	2,122
OTVF	28,631	22,00	31,00	5,0498	2,247

p=0,465

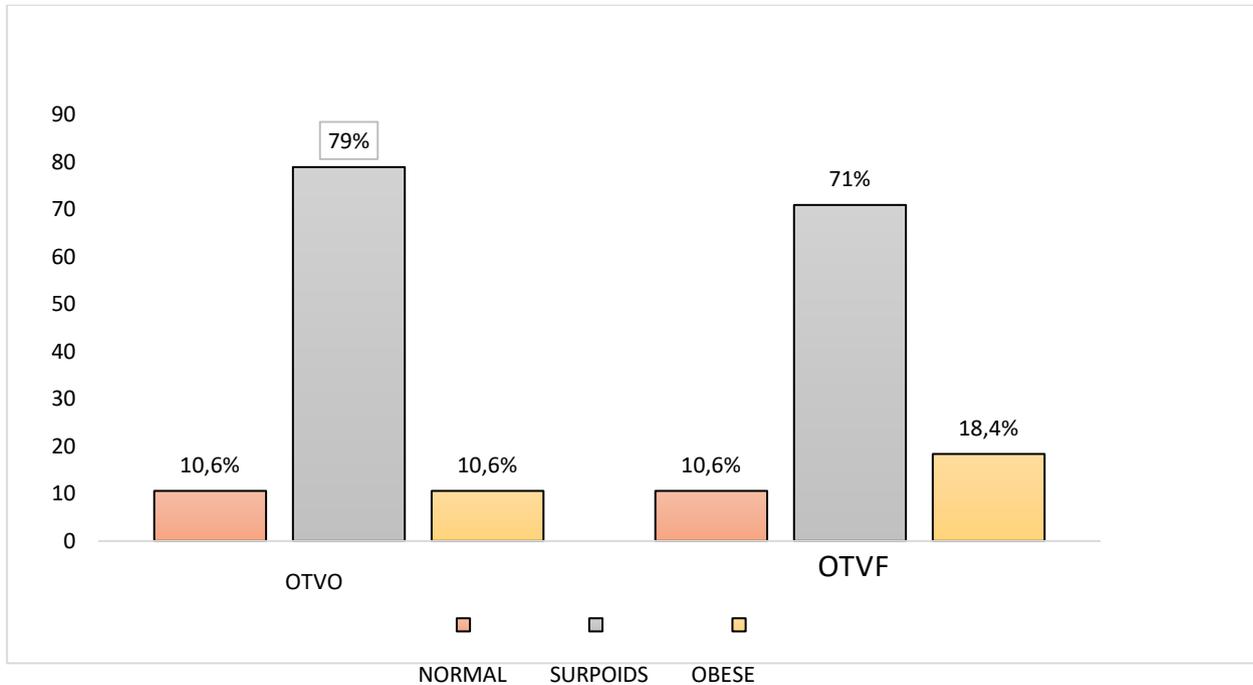


Figure 123: Répartition selon l'IMC

L'indice de masse corporelle (IMC) (*Tableau 16*) du groupe OTVO est de 28,26 kg/m² (22-32) : 79 % sont en surpoids et 10,6 % présentent une obésité modérée ; 10,6 % des patients ont un IMC normal.

Dans le groupe OTVF, l'IMC moyen est de 28,63 kg/m² (22-31) : 71 % sont en surpoids ; 18,4 % ont une obésité modérée. 10,6 % des patients ont un IMC normal. **(Figure 123)**

La majorité des patients présentent un surpoids, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes (p>0,05).

d. Répartition selon le genou atteint :

Tableau 17 : Répartition selon le genou atteint

Ostéotomie de valgisation tibiale						
Coté	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Droit	19	50	19	50	38	50
Gauche	19	50	19	50	38	50
Total	38	100	38	100	76	100

p=1

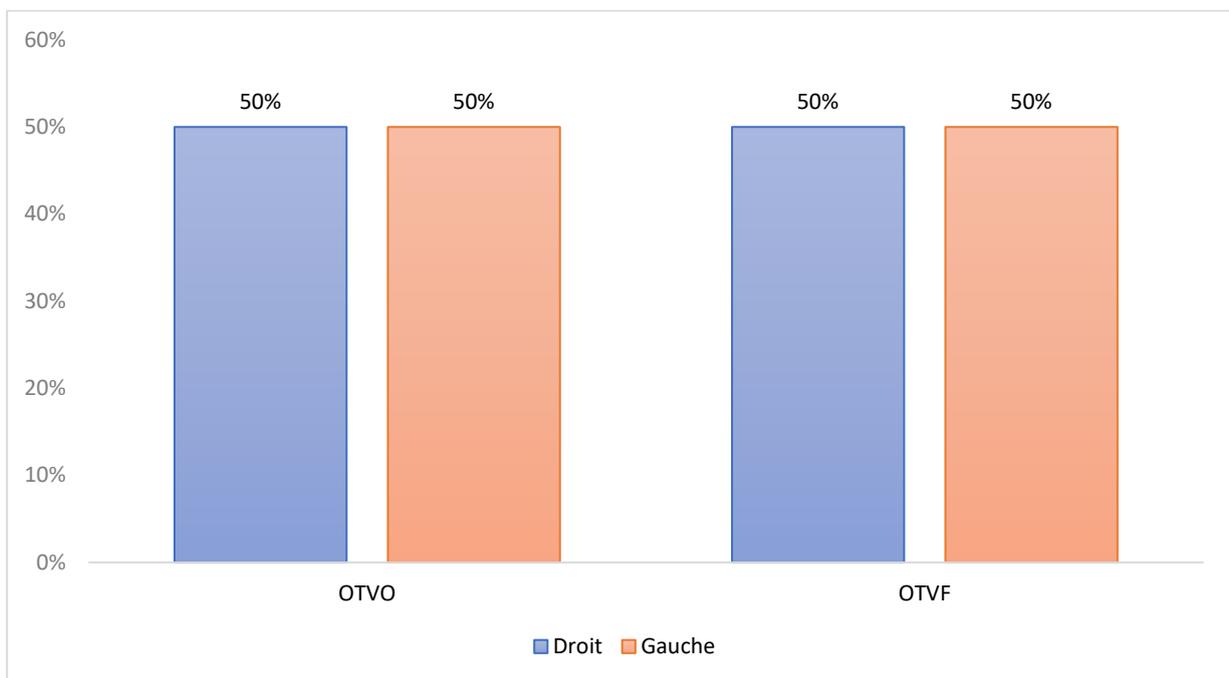


Figure 124: Répartition des patients selon le coté opéré

La série se compose de 38 genoux droits et 38 gauches (Figure 124).

Equitabilité parfaite dans la répartition entre les genoux gauches et droits dans les deux groupes (p=1)

e. Répartition des patients selon le coté opéré :

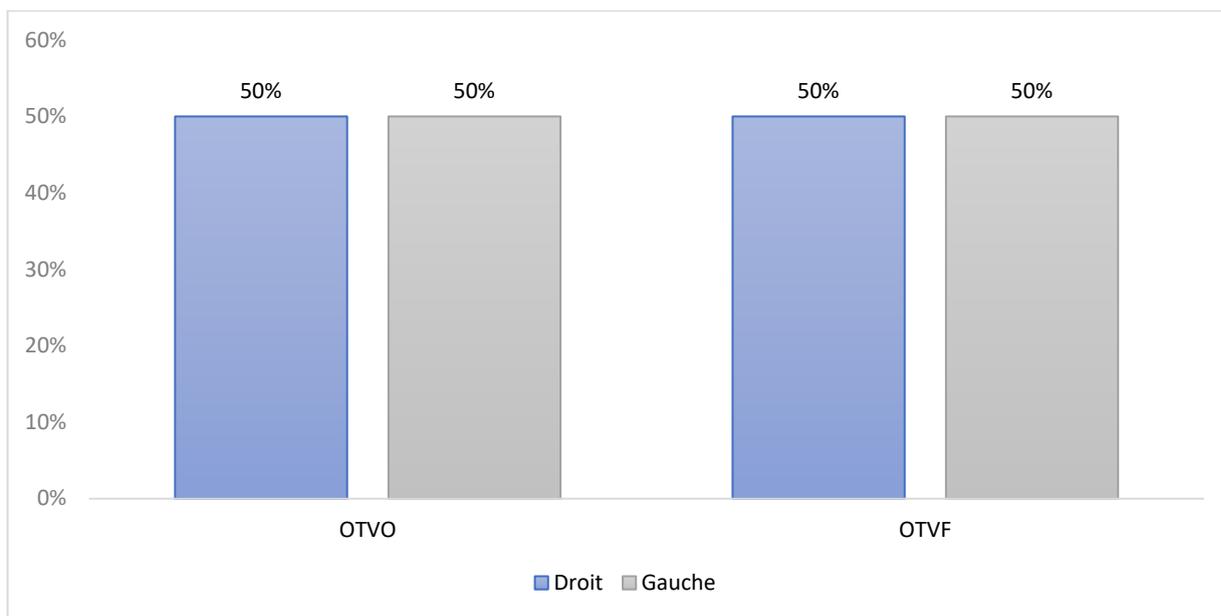


Figure 125: Répartition des patients selon le coté opéré.

Nous avons opéré 38 genoux droit et 38 genoux gauche par ostéotomie de valgisation dans le groupe OTVO : 19 genoux droit et 19 genoux gauche

OTVF : 19 genoux droit et 19 genoux gauche (**Figure 125**).

Il n'y a pas une différence statistiquement significative (P=1)

f. Répartition selon le score ASA :

Tableau 18 : Répartition selon le score ASA

Ostéotomie tibiale de valgisation						
ASA	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
1	22	57,8%	20	52,6%	42	55,3%
2	16	42,2%	18	47,4%	34	44,7%
Total	38	100%	38	100%	76	100%

P=0,325

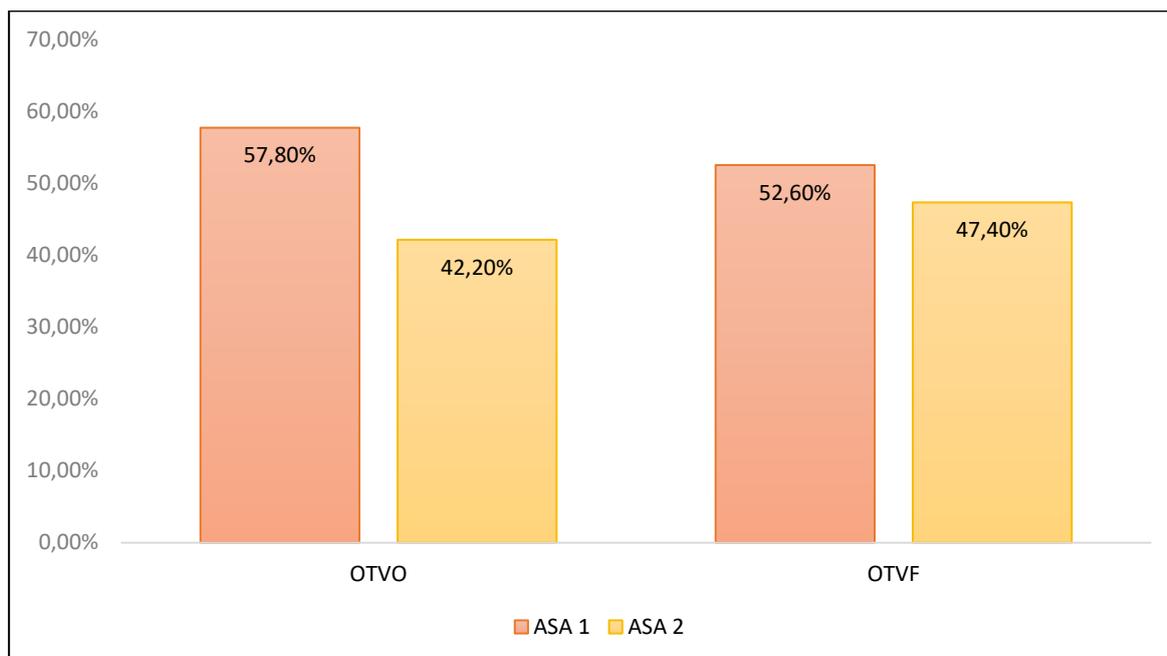


Figure 126: Répartition des patients selon le score ASA

Plus de 42% des patients dans les deux groupes ont des antécédents pathologiques pouvant compromettre l'acte chirurgical ou les suites opératoires

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes selon le score ASA. ($P > 0,05$) (Figure 126)

j. Répartition selon les antécédents médicaux des patients :

Tableau 19 : Répartition selon les antécédents médicaux des patients

Ostéotomie de valgisation tibiale						
	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Diabète	4	10,6%	5	13,2%	9	11,8%
HTA	8	21,2%	8	21,2%	16	21,1%
Diabète et HTA	3	7,8%	3	7,8%	6	7,9%
Autre	1	2,6%	1	2,6%	2	2,6%
Sans Antécédents	22	57,8%	21	55,2%	43	56,6%
Total	38	100%	38	100%	76	100%

P=0,184

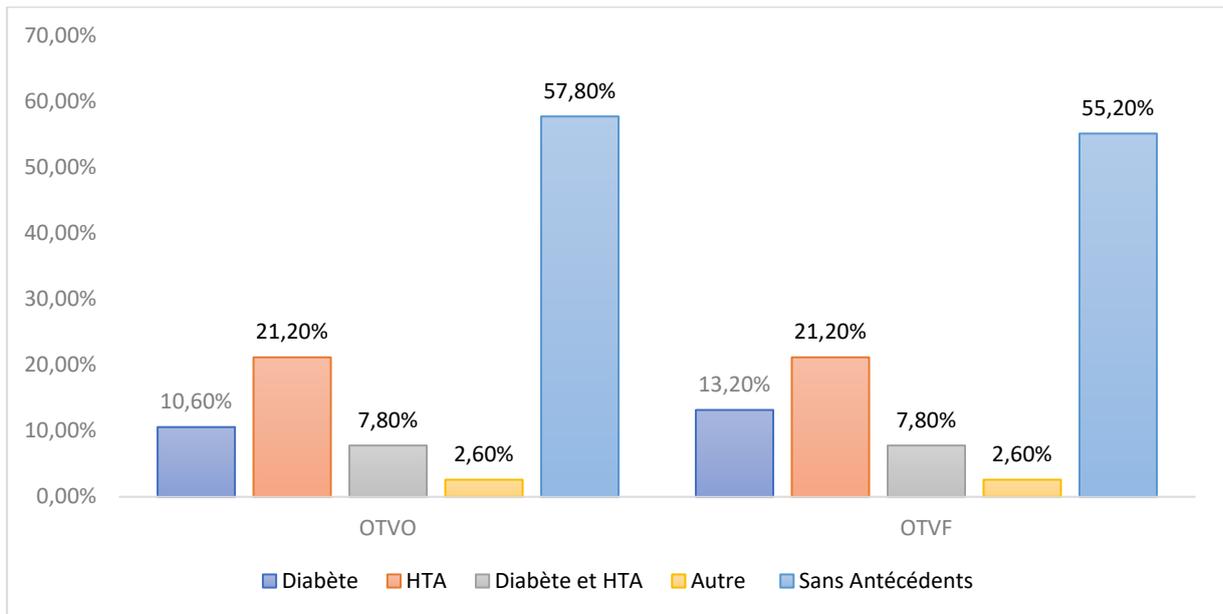


Figure 127: Répartition selon l'antécédents médicaux des patients

Les antécédents médicaux les plus fréquemment observés dans notre série sont l'hypertension artérielle (21,1%), le diabète (11,8%) et la combinaison de diabète et d'hypertension artérielle (7,9%). Ces antécédents représentent un facteur de risque potentiel pour le déroulement et les résultats des interventions chirurgicales, (**Figure 127**)

Il n'existe pas une différence statistiquement significative entre les deux groupes. (**P>0,05**).

h. Répartition selon l'étiologie :

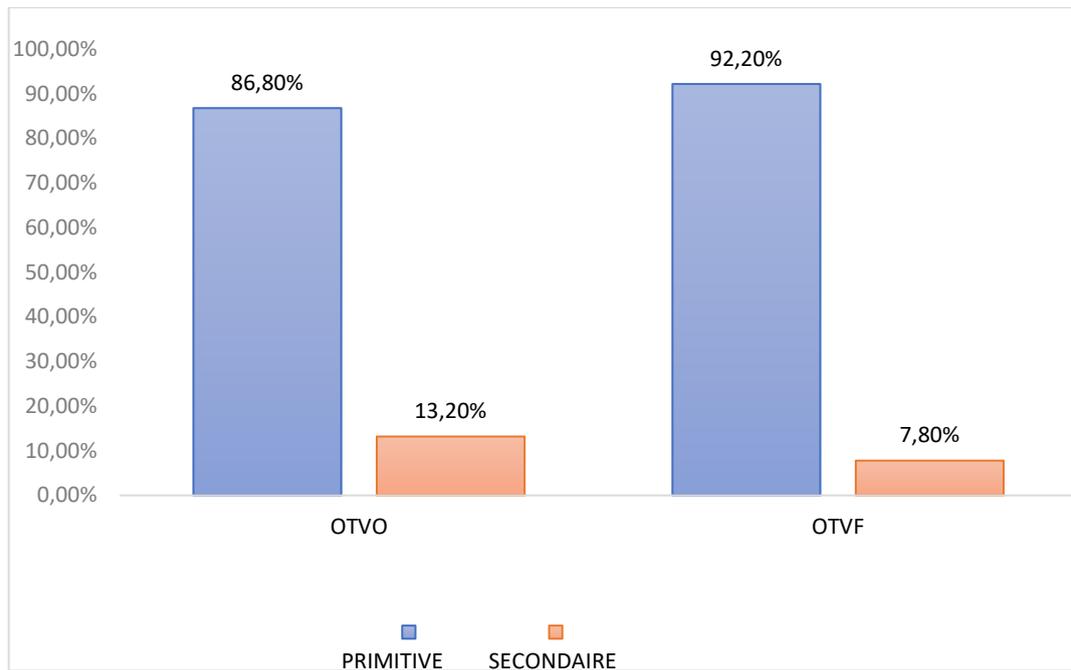


Figure 128: Répartition selon l'étiologie

P=0,658

Tableau 20 Répartition selon les antécédents chirurgicaux

Ostéotomie de valgisation tibiale						
	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
LCA-Ligamentoplasties	1	2,6%	2	5,4%	3	3,9%
Ménissectomie	4	10,4%	1	2,6%	5	6,6%
Sans Antécédents	33	86,8%	35	92,2%	68	89,5%
Total	38	100%	38	100%	76	100%

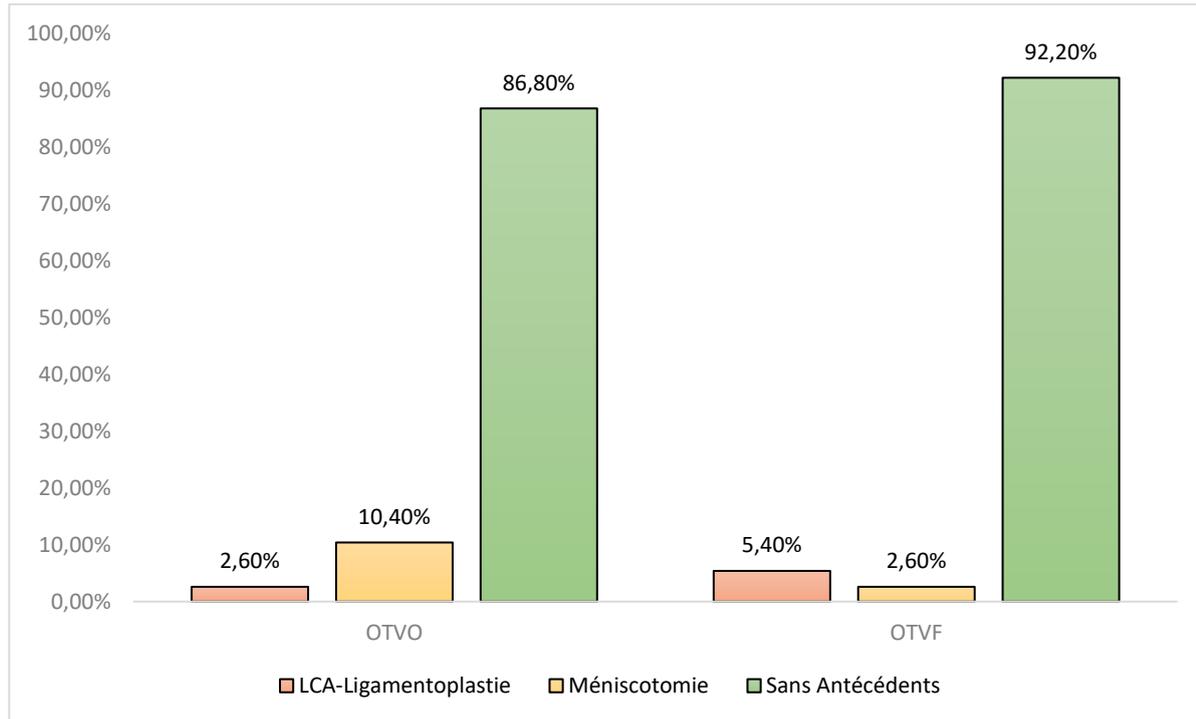


Figure 129: Répartition selon l'origine de l'arthrose.

L'arthrose du genou est primitive dans plus (86,8 %) des cas pour le groupe OTVO, et de (92,2 %) pour le groupe OTVF. (Figure 128)

Elle est secondaire dans (13,2 %) des cas dans le groupe OTVO et (9,8 %) dans le groupe OTVF. (Figure 129)

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les étiologies de l'arthrose ($p > 0,05$).

3) Le recul de la série :

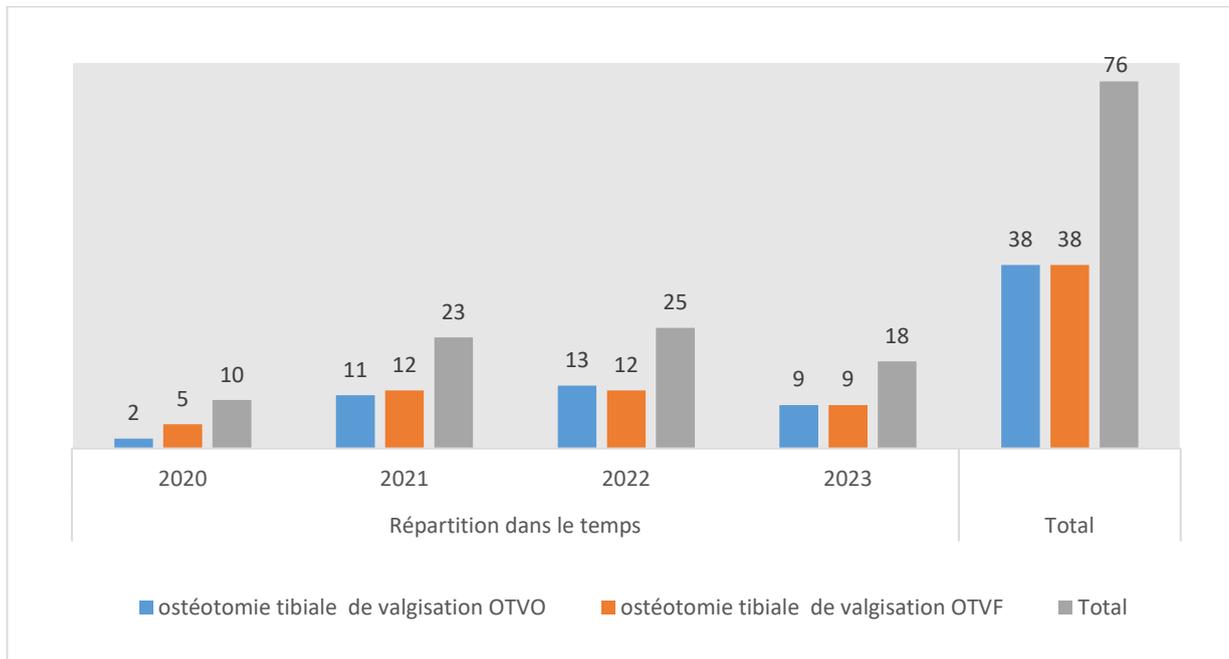


Figure 130: Répartition selon le nombre des deux techniques par an.

Le recul moyen de la série globale est de 24 mois en moyenne avec des extrêmes de 12 à 36 mois (Figure 130, Figure 131).

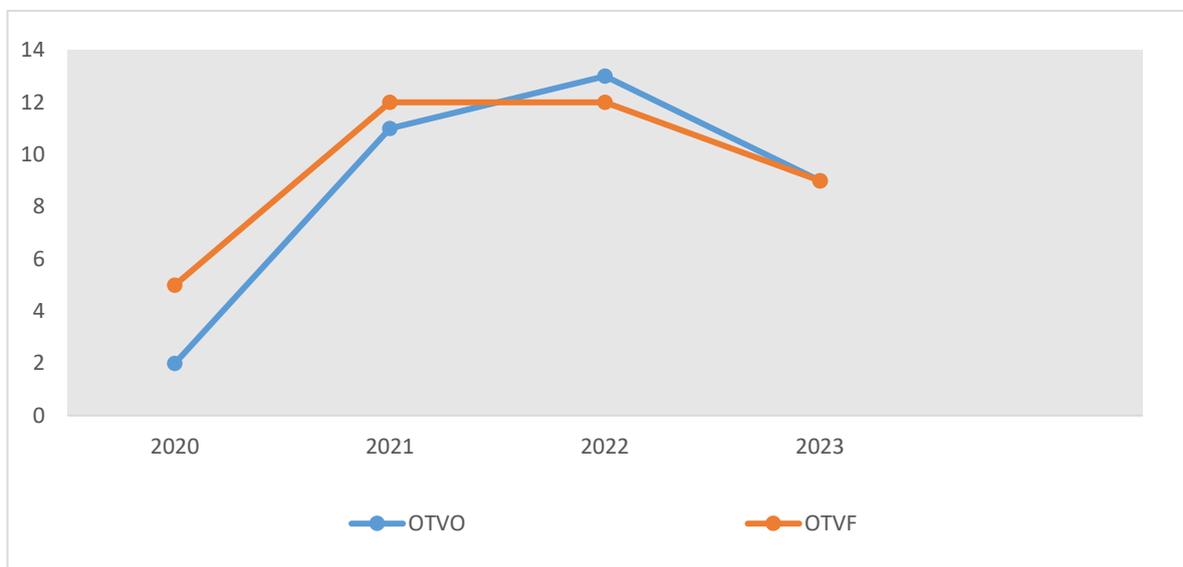


Figure 131: Répartition des deux techniques par an.

Tableau 21 : Résumé de l'ensemble des variables démographiques de la population étudiée.

		OTVO	OTVF	Valeur P
Sexe	Homme	10	8	P=0.255
	Femme	28	30	
Age		56 (33-71) ans	55 (27-66) ans	P=0.762
Coté atteint	Droit	19	19	P=1
	Gauche	19	19	
BMI		28,26 (22-30)	28,63 (22-32)	P=0,465
Etiologie	Primitive	33	35	P=0.658
	Secondaire	5	3	
Recule		24 (12-36) mois	24 (12-36) mois	P=1

Le tableau précédent résume l'ensemble des variables démographiques de la population étudiée (**Tableau 21**) : Résumé de l'ensemble des variables démographiques de la population étudiée.

4. Caractéristiques cliniques des patients :

4.1. Répartition selon le score de Charnley

Tableau 22 : Répartition selon le score de Charnley

Score Charnley	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
A	23	60,6%	27	71,0%	50	65,8%
B	15	39,4%	11	29,0%	26	34,2%
C	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Total	38	100%	38	100%	76	100%

P=0,340

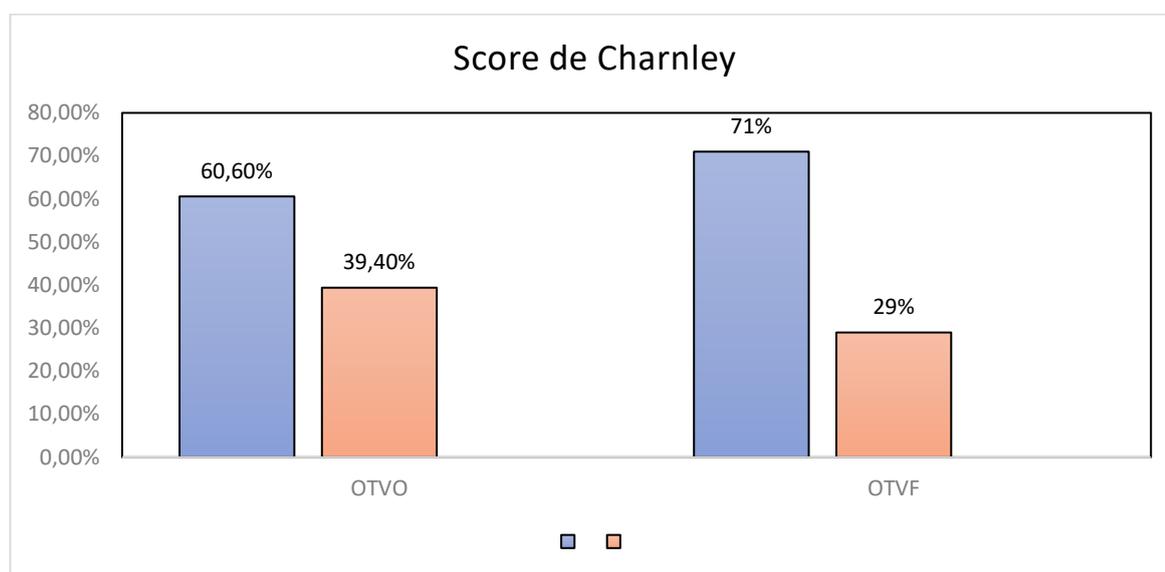


Figure 132 : Répartition du score de Charnley

En préopératoire, 60,6 % du groupe ostéotomie tibiale de valgisation par addition interne (OTVO) et 71,0 % des ostéotomie tibiale de valgisation par soustraction externe OTVF sont Charnley A, avec une atteinte uni articulaire.

39,4% des patients du groupe OTVO et 29,0 % des patients du groupe OTVF sont Charnley B et présentent une atteinte de l'articulation controlatérale (**Figure 132**).

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes. ($p > 0,05$)

4.2. Répartition selon le score de Devane :

Tableau 23: Répartition selon le score de Devane

Score de Devane Préopératoire	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
1	2	5,2%	0	0,0%	2	2,6%
2	32	84,2%	36	94,8%	68	89,5%
3	4	10,6%	2	5,2%	6	7,9%
Total	38	100%	38	100%	76	100%

P=0,234

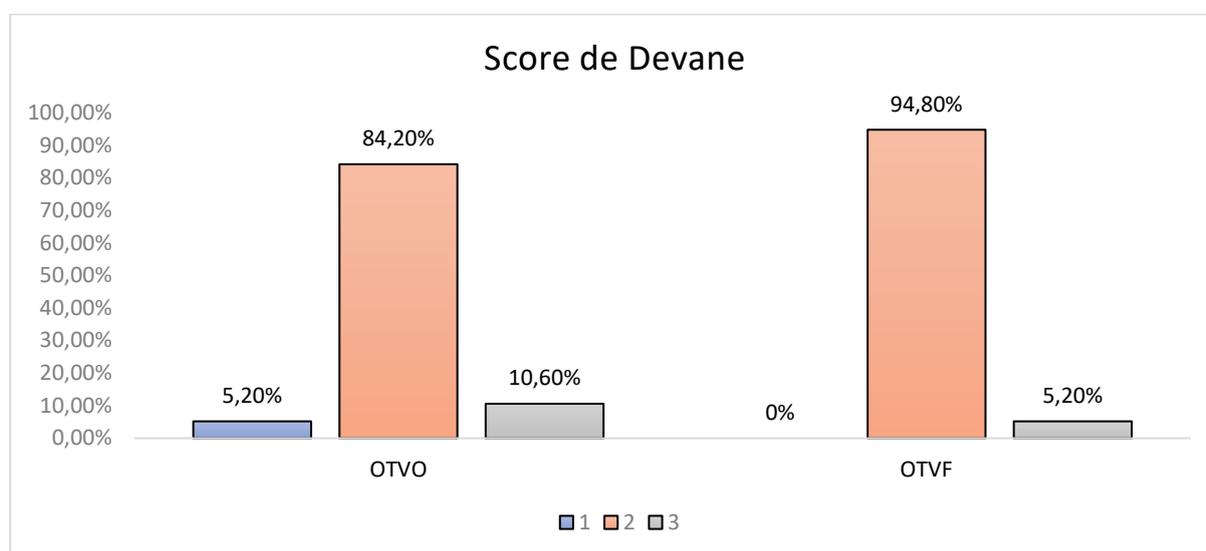


Figure 133 : Répartition du score de Devane

10,6% patients du groupe OTVO et 5.2 % des OTVO sont des sédentaires, actifs au quotidien (catégorie3). 84,2% des OTVO et 94,9 % des OTVF sont semi- sédentaires avec une activité plus modérée (catégorie 2). Enfin deux patients dans les deux groupes, sont grabataires ou dépendant (catégorie 1) (**Figure 133**).

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes ($P>0,05$)

4.3. Répartition selon la mobilité articulaire :

Tableau 24 Répartition selon la mobilité articulaire

Ostéotomie tibiale de valgisation						
Mobilité articulaire	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
90	2	5,2%	0	0,0%	2	2,6%
95	13	34,4%	13	34,4%	26	26%
100	19	50%	22	57,8%	41	41%
105	2	5,2%	2	5,2%	4	4%
110	2	5,2%	1	2,6%	3	3%
Total	38	100%	38	100%	76	100%

P=0,769

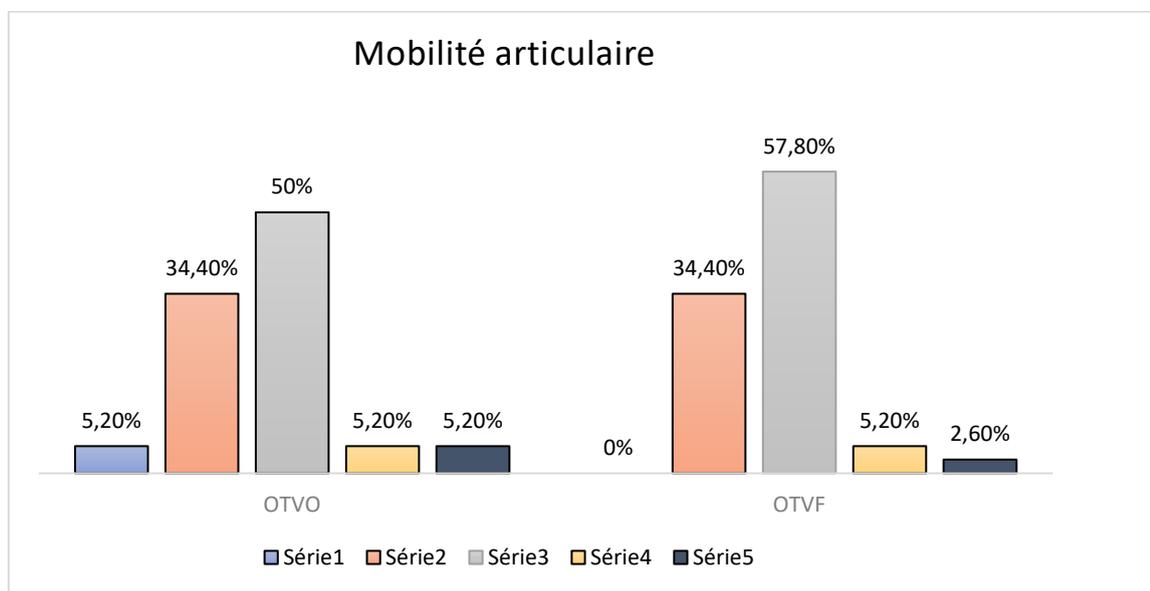


Figure 134 : Répartition selon la mobilité articulaire

La flexion préopératoire moyenne est de 98,68° (90-110°) dans le groupe OTVO, et 99,60° (90-110°) dans le groupe OTVF (90-110) (**Figure 134**).

Il n'y a pas de différence significative concernant la mobilité articulaire préopératoire entre les deux groupes (P> 0,05).

4.4. Répartition selon le flessum articulaire :

Tableau 25 : Répartition selon le flessum articulaire.

Ostéotomie tibiale de valgisation						
Mobilité articulaire	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
(-0)	3	8,0%	3	8,0%	6	8,0%
(-5)	23	60,5%	22	57,8%	45	59,2%
(-10)	12	31,5%	13	34,2%	25	32,8%
Total	38	100%	38	100%	76	100%

P=0,989

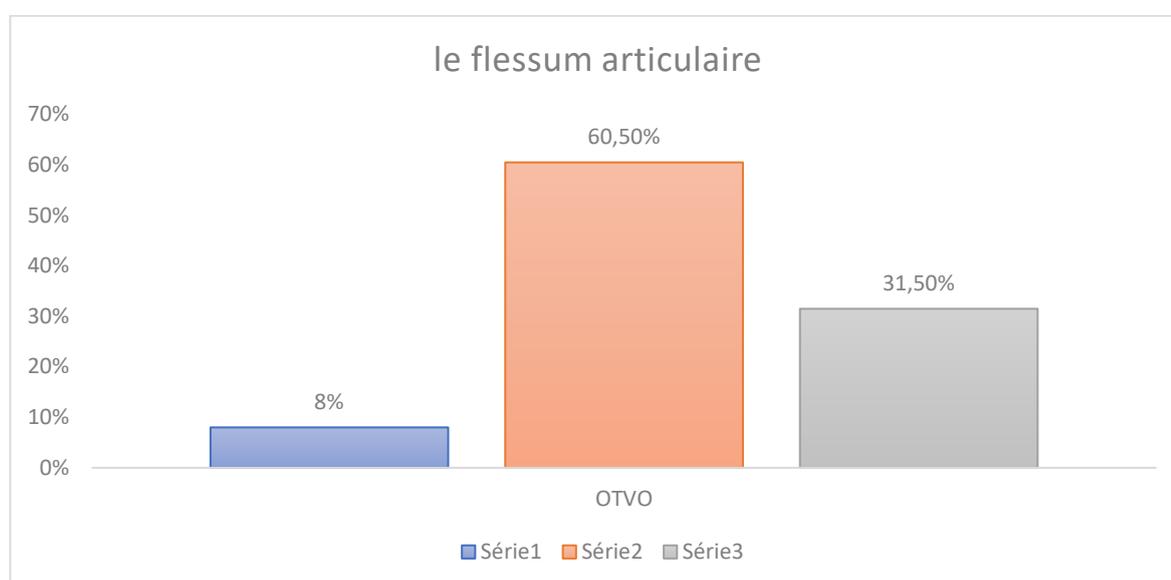


Figure 135 Répartition selon le flessum préopératoire selon la technique

82% des patients du groupe OTVO et 92 % du groupe OTVF avaient un flessum antalgique de 5° à 10° réductible.

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes selon le flessum ($p > 0,05$).

(Figure 135)

4.5. Répartition selon le Score HSS préopératoire :

Tableau 26 Répartition selon le score HSS préopératoire

Ostéotomie tibiale de valgisation						
Score	OTVO		OTVF		Total	
HSS	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
< 60	8	21,0%	6	15,6%	14	18,4%
60-69	23	60,6%	22	57,8%	45	59,2%
70-84	7	18,4%	10	26,4%	17	22,4%
85-100	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Total	38	100	38	100	76	100

P=0,495

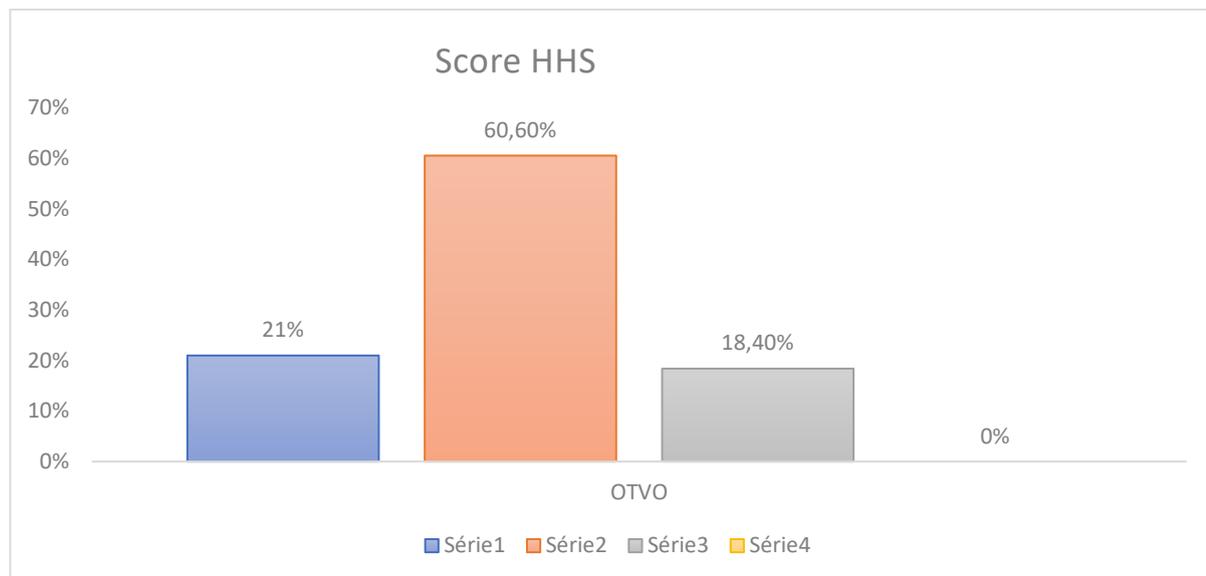


Figure 136 Répartition de score HSS

Les patients ont un score HSS moyen est de (60-69) pour les deux groupes.

Il n'y a pas différence statistiquement significative entre les deux groupes selon le score HSS ($P > 0,05$). (Figure 136)

4.7. Répartition selon le Score d'OXFORD préopératoire :

Tableau 27 Répartition selon le score Oxford Préopératoire

Ostéotomie tibiale de valgisation						
Score d'Oxford	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
19	8	21,0	13	34,2	21	27,6
25	16	42,2	16	42,2	32	42,1
26	2	5,2	0	0,0	02	2,6
27	12	31,6	9	23,6	21	27,7
28	0	0,0	0	0,0	0	0,0
30	0	0,0	0	0,0	0	0,0
31	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	38	100	38	100	76	100

P=0,305

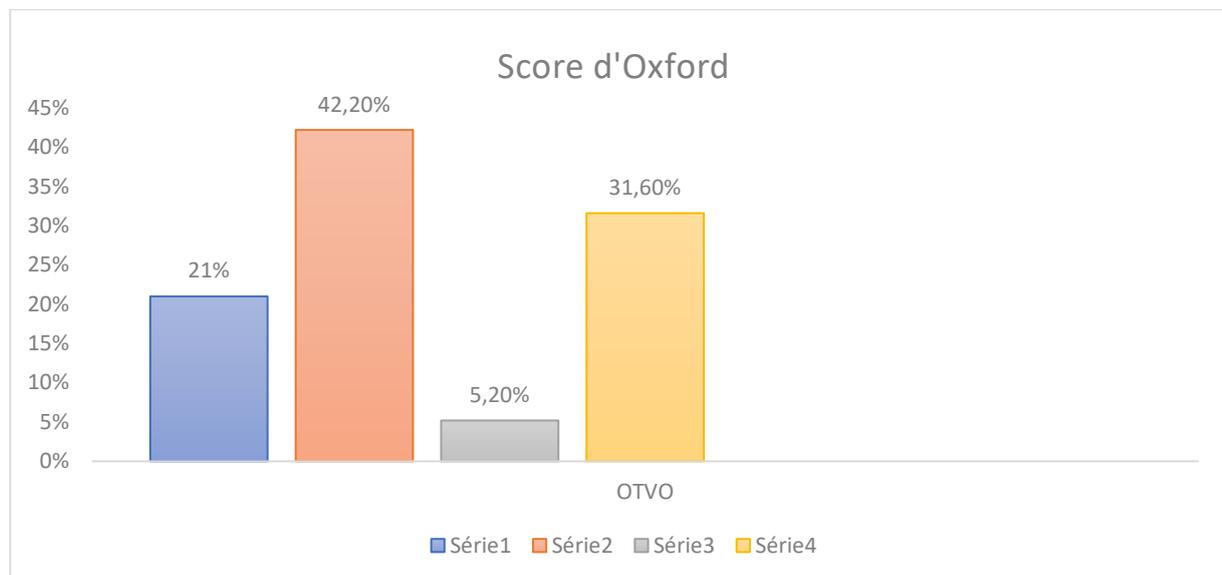


Figure 137 Répartition des scores d'oxford préopératoire.

Le score d'oxford OTVO est de 24,11 (19-27) et le score OTVO de 23,0 (20 -27).

(Tableau 27) Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes selon le score d'oxford ($P > 0,05$)

4.6. Répartition selon le Score KOOS préopératoire :

Tableau 28 Répartition selon le score KOOS préopératoire

Ostéotomie tibiale de valgisation						
Score KOOS	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
< 60	17	44,8%	22	2,9%	39	51,3%
60-69	21	55,2%	16	42,2%	37	48,7%
70-84	0	0%	0	0%	0	0,0%
85-100	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Total	38	100%	38	100	76	100

P=0,609

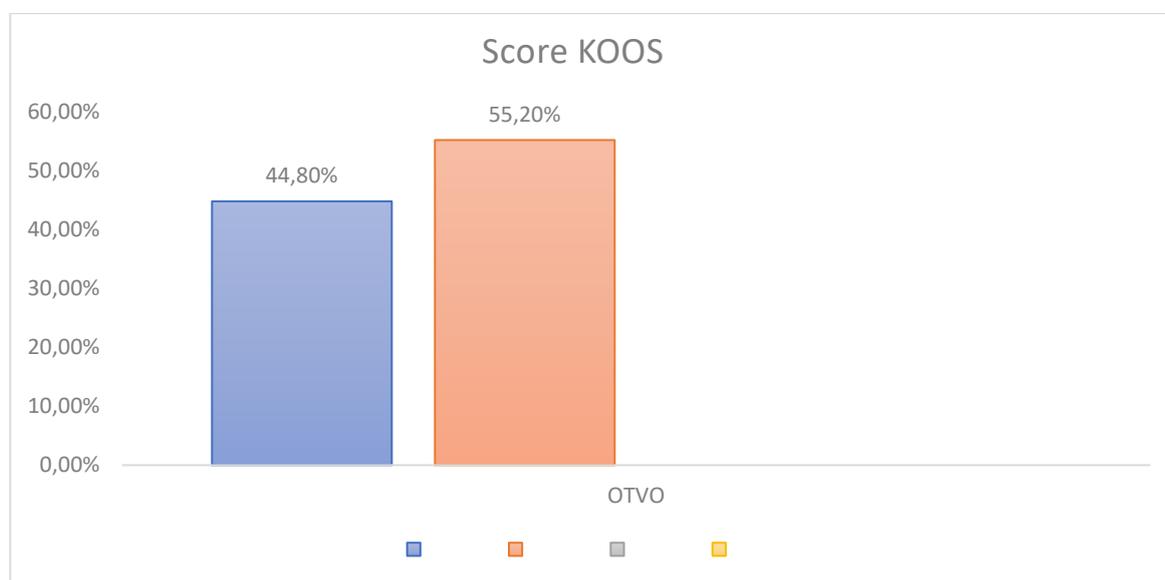


Figure 138 Répartition du score KOOS pré-opératoire.

Concernant le score KOOS « activités de la vie quotidienne », « douleur » et « symptômes, raideur », 55,2% des patients du groupe OTVO et 42,2% du groupe OTVF avaient un KOOS moyen à modéré (60-69). (Figure 138)

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes selon le score KOOS ($p > 0,05$).

5. Caractéristiques radiologiques des patients :

5.1 Répartition selon la mesure de l'arthrose :

A- Classification d'Ahlbäck :

Tableau 29 Classification d'Ahlback

Ostéotomie tibiale de valgisation						
Ahlbäck	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
II	13	34,2%	7	18,4%	20	26,3%
III	25	65,8%	31	81,6%	56	73,7%
Total	38	100%	38	100%	76	100%

P=0,121

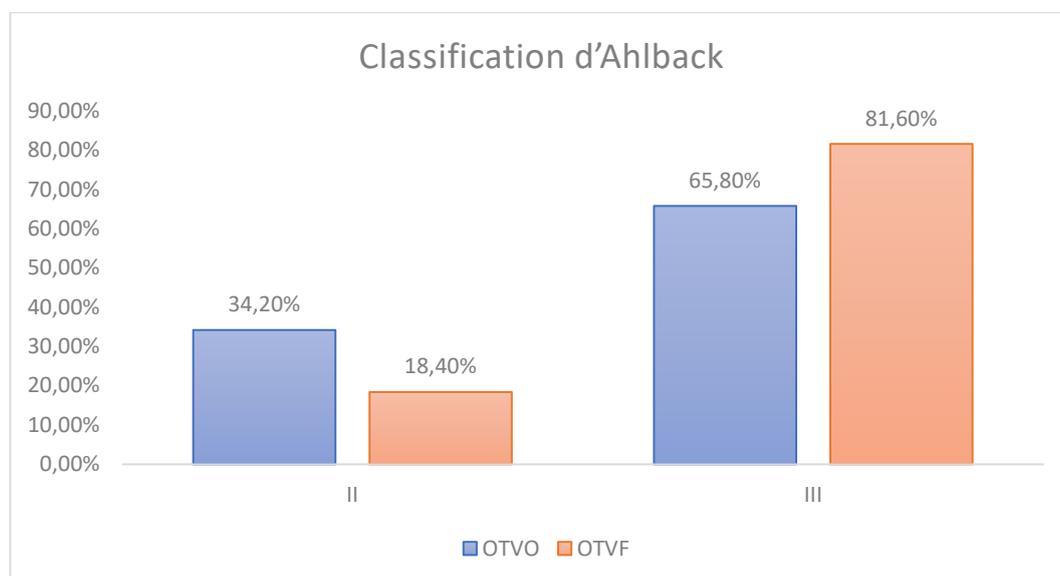


Figure 139 Répartition selon la classification d'Ahlback.

Tous les patients ayant bénéficié d'une ostéotomie tibiale de valgisation par addition interne OTVO ou par soustraction externe OTVF présentent une gonarthrose fémoro-tibiale médiale au stade II à III d'Ahlbäck. .65,8 % des patients du groupe OTVO et 81,6 % des OTVF avaient une arthrose stade III d'Ahlbäck. (**Figure 139**)

Il n'y a pas de différence significative selon le degré de dégradation du compartiment médial dans les deux groupes. (p>0,05)

B. Répartition de l'arthrose fémoropatellaire selon la Classification d'Iwano

Tableau 30 Répartition de l'arthrose fémoropatellaire selon la classification d'Iwano

Ostéotomie tibiale de valgisation						
IWANO	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
I	29	76,32%	29	76,32%	58	76,32%
0	9	23,68%	9	23,68%	18	23,68%
Total	38	100%	38	100%	76	100%

P=0,606

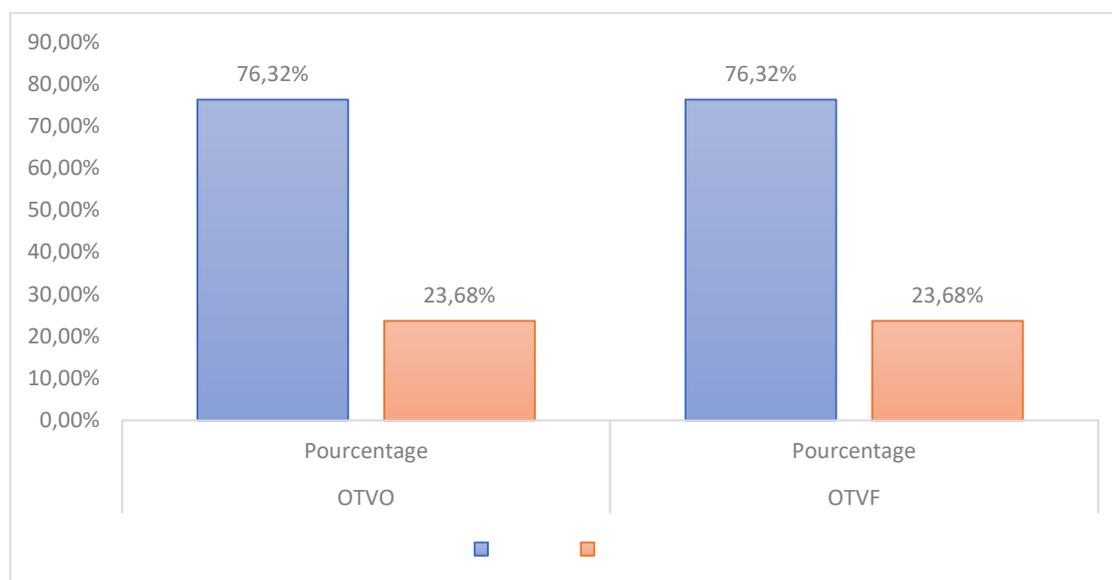


Figure 140 Répartition selon la classification d'Iwano.

Plus de 76 % des patients dans les deux groupes, ont un début d'arthrose fémoropatellaire au stade I d'Iwano avec un pincement fémoropatellaire < à 3mm. (Figure 140)

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes (P>0,05).

5.2. Mesures goniométriques préopératoires :

5.2.1 L'angle HKA :

Tableau 31 Mesure goniométrique HKA préopératoire

Ostéotomie de valgisation		HKA préopératoire
OTVO	Moyenne	169,16°
	Ecart-type	3,643
	Nombre	38
	Minimum	160,00
	Maximum	175,00
OTVF	Moyenne	162,67°
	Ecart-type	3,976
	Nombre	38
	Minimum	160,00
	Maximum	178,00

P=0,354

L'angle HKA moyen préopératoire du groupe OTVO est de 169.16° (160°-175°) Celui du groupe OTVF de 162,67° (160°-175°) (Tableau 31), il n'y a pas de différence statistiquement significative (P >0.05) entre les deux groupes concernant la déviation globale du membre atteint.

5.2.2 L'angle HKI :

Concernant l'angle de l'axe mécanique du fémur par rapport à la tangente des plateaux tibiaux, l'angle HKI moyen préopératoire du groupe OTVO est de 90,5° (85-96) et celui du groupe OTVF de 88,5° (85-92) en préopératoire.

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes. (**P > 0,05**)

5.2.3 L'angle AKI :

L'angle AKI moyen préopératoire du groupe OTVO est de 86,5° (82-91) et celui du groupe OTVF est de 87° (81-93).

Il n'y a pas de différence significative entre OTV et PUC, concernant l'axe mécanique de la jambe. (**P>0,05**)

5.3. Mesure du varus épiphysaire :

Mesuré selon la méthode de **Dejour et Levigne** : On note que la mesure de cet angle reste difficile et Les repères radiologiques (cicatrice du cartilage de conjugaison) ne sont pas toujours retrouvés.

Le varus épiphysaire moyen du groupe OTVO est de 3,87 ° (2–9) et de 3,73 ° (0-9) dans le groupe OTVF. Pas de différence statistiquement significative (P>0,05).

5.4. Mesure de la pente tibiale :

Tableau 32 Répartition selon le degré de la pente tibiale

Ostéotomie de valgisation		La pente préopératoire
OTVO	Moyenne	7,91
	Ecart-type	0,930
	Minimum	6,20
	Nombre	38
	Maximum	9,30
	Variance	0,864
OTVF	Moyenne	7,87
	Ecart-type	0,941
	Minimum	6,20
	Nombre	38
	Maximum	9,20
	Variance	0,886

La pente tibiale préopératoire du groupe OTVO est de 7,91°(6°,9°) et celle du groupe OTVF de 7,87° (6°-9°). (Tableau 32). Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes selon la pente tibiale (P>0,05) **P=0,873**

5.5. Mesure de la hauteur rotulienne :

Tableau 33 Mesure de la hauteur patellaire selon Caton-Deschamps

Ostéotomie de valgisation		Caton préopératoire
OTVO	Moyenne	0,964
	Ecart-type	0,0181
	Minimum	0,94
	N	38
	Maximum	1,04
OTVF	Moyenne	0,946
	Ecart-type	0,0182
	Minimum	0,93
	N	38
	Maximum	1,02

La hauteur rotulienne moyenne du groupe OTVO est de 0,96 (0,94-1,04) en préopératoire. La mesure moyenne du groupe OTVF est de 0,94(0,93-1,02) OTVF en préopératoire. (Tableau 33). Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes (p=0,886 ;p > 0,05) selon l'indice de Caton-Deschamps.

Tableau 34: Tableau récapitulatif des données cliniques, fonctionnelles et radiologiques selon la répartition démographique des patients :

Variabes	OTVO	OTVF	Valeur P
Score Charnley	A (23) B (15) C (00)	A (27) B (11) C (00)	P=0,340
Score Devane	1 (02) 2 (32) 3 (04)	1 (00) 2 (36) 3 (02)	P=0,234
Mobilité moyenne	98,68° (90°-110°)	99,60° (90°-110°)	P=0,769
Flessum	94,8°	89,3°	P=0,989
HSS	72 (56-78)	73,16 (58-78)	P=0,495
KOOS	64,5 (60-69)	63,5 (60-69)	P=0,609
OXFORD	24,11 (19-27)	23,0 (20-27)	P=0,305
Ahlback	Stade II (13) Stade III (25)	Stade II (07) Stade III (31)	P=0,121
IWANO	Stade 1 (29) Stade 0 (09)	Stade 1 (29) Stade 0 (09)	P=0,606
HKA	169,16° (160°-175°)	162,67° (160-175°)	P=0,354
Pente tibiale	6,75° (6°-9°)	7,88° (6°-9°)	P=0,873
Hauteur patellaire	0,983 (0,96-1,03)	0,987 (0,96-1,04)	P=0,886

V. Résultats

1) Données opératoires et d'hospitalisation :

1.1. Répartition des interventions :

76 cas opérés d'une gonarthrose sur genu varum au stade II ou III d'Ahlbäck, entre Septembre 2020 et Avril 2023, dans le service de Chirurgie orthopédique et traumatologie HMRUC.

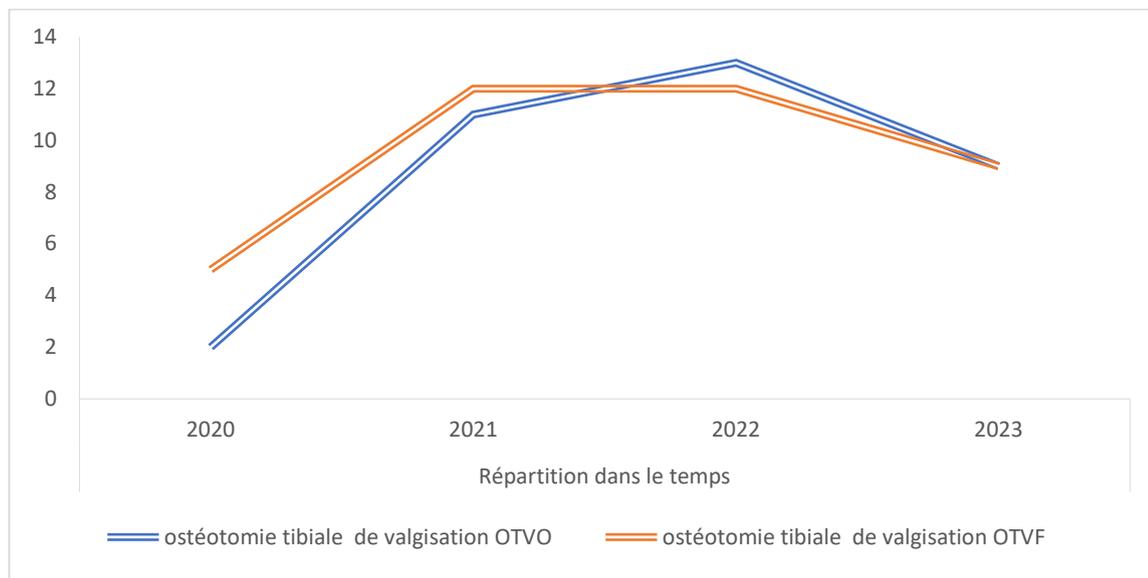


Figure 141 Répartition des interventions

La répartition des ostéotomies tibiale de valgisation par addition interne OTVO et par soustraction externe (OTVF) est homogène dans le temps, avec une répartition croissante vers la fin de l'étude. (**Figure 141**)

1.2. Répartition selon le type d'anesthésie :

Tableau 35 Répartition selon le type d'anesthésie

Ostéotomie tibiale de valgisation						
Type d'anesthésie	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Rachi	20	52,6	21	55,3	41	53,9
ALR	18	47,4	17	44,7	35	46,1
Total	38	100	38	100	76	100

P=0,821

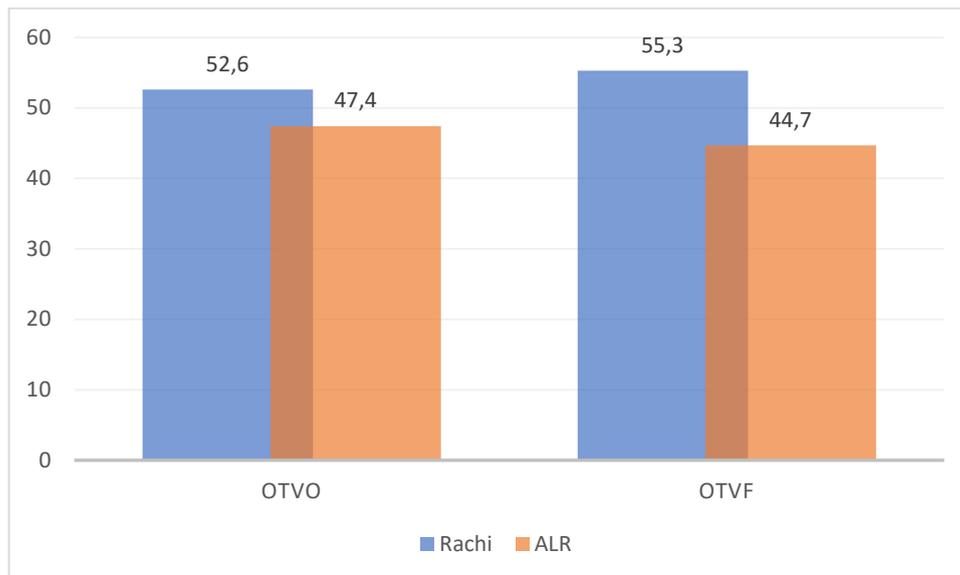


Figure 142 Répartition des patients selon le type d'anesthésie

Plus de la moitié des patients ont bénéficié d'une Rachi anesthésie. (**Figure 142**)

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes. ($P > 0,05$)

1.3. Répartition selon le temps opératoire :

Tableau 36 Répartition selon le temps opératoire

Temps opératoire	Moyenne	Ecart-type	Médiane	Minimum	Maximum
OTVO(n=38)	46,34	4,187	45,21	40	56
OTVF(n=38)	57,18	3,303	56,00	52	65

$P < 10^{-6}$

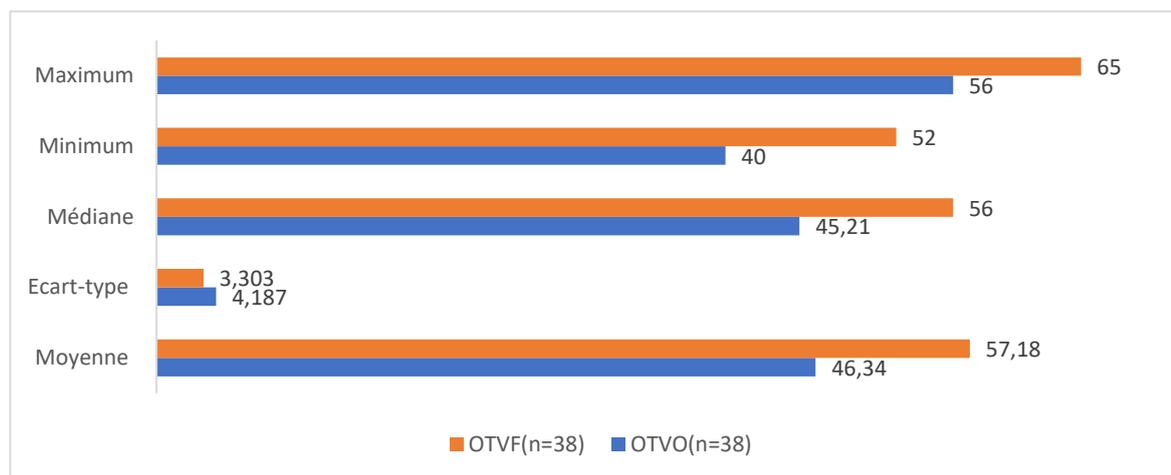


Figure 143 Répartition selon le temps opératoire

Le temps opératoire moyen des patients du groupe OTVO est de 46,34 min (40min-56min), le groupe OTVF est de 57,18 min la moyenne (52min-65min) ,(**Figure 143**)

Il existe une différence statistiquement significative entre les deux groupes, en faveur de l'OTVO ($P < 0,05$).

1.4. Répartition selon La durée d'hospitalisation :

Tableau 37 Répartition selon la durée d'hospitalisation

Durée d'hospitalisation	Moyenne	Ecart-type	Médiane	Minimum	Maximum
OTVO(n=38)	3,13	0,343	3	3	4
OTVF(n=38)	3,16	0,495	3	3	5

$P=0,394$

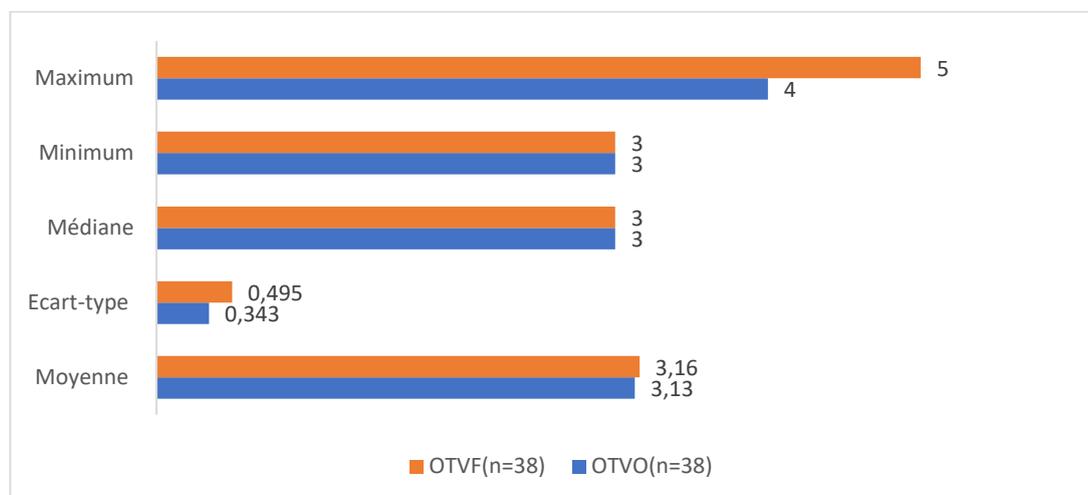


Figure 144 Répartition selon la durée d'hospitalisation

La durée d'hospitalisation moyenne est de 3 à 4 jours pour l'ostéotomie tibiale de valgisation par addition interne OTVO et se situe entre 3 à 5 jours pour l'ostéotomie tibiale de valgisation par soustraction externe OTVF (**Figure 144**).

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les OTVO et les OTVF. ($P > 0,05$).

2) Résultats cliniques et fonctionnels postopératoires :

2.1. Réparation selon le score de Charnley :

Tableau 38 Répartition selon le score de Charnley

Score de Charnley	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
A	34	89,4	32	84,2	66	86,8
B	4	10,6	6	15,8	10	13,2
C	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	38	100	38	100	76	100

$P=0,003$

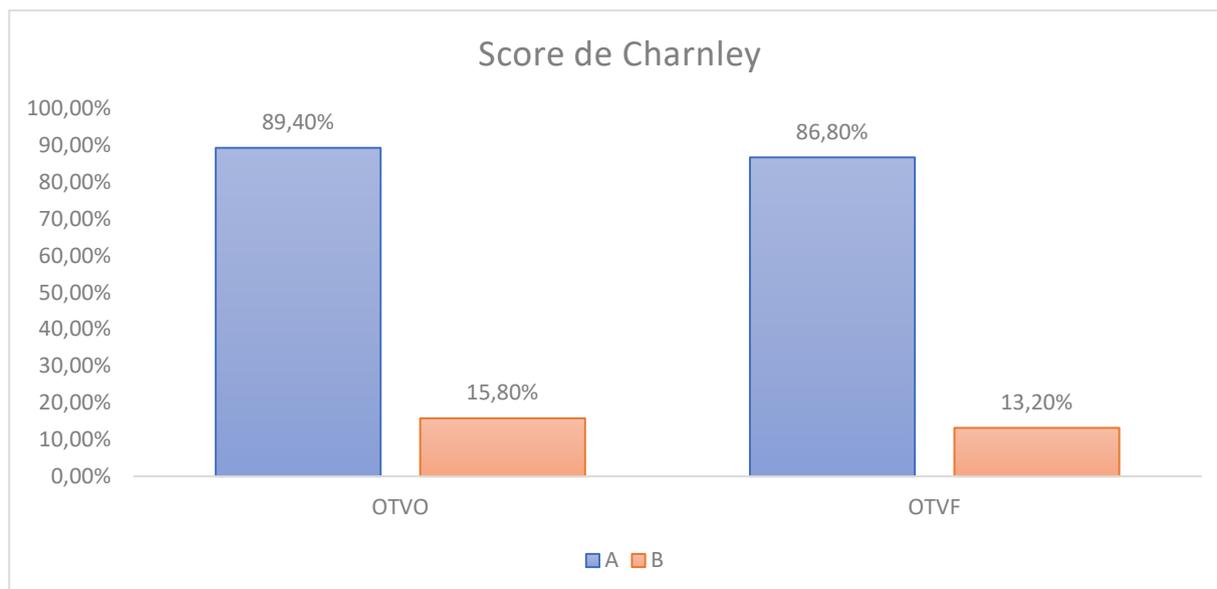


Figure 145 Répartition selon l'évolution du score Charnley.

En préopératoire : 60,6 % du groupe (OTVO) et 71,0 % du groupe OTVF sont Charnley A, tandis que 39,4% des patients du groupe OTVO et 29,0% du groupe OTVF sont Charnley B.

En Post-opératoire : On retrouve 89,4 % des patients du groupe OTVO et 84,2 %

OTVF Charnley A, tandis que 10,6 % des OTVO et 15,8 % des OTVF Charnley B, ce qui correspond à une diminution de 21% du taux d'atteintes bilatérales et aucun patient Charnley C.

(Figure 145)

IL existe une différence statistiquement significative entre le préopératoire et le postopératoire (**P=0,003 ; P<0,05**).

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes en postopératoire (**p=0,504 ; p>0,05**).

2.2. Réparation selon le score de Devane :

Tableau 39 Répartition selon le score de Devane postopératoire :

Score de Devane POST-OP	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
1	0	0	0	0	0	0
2	27	71	26	68,4	53	69,7
3	5	13,2	6	15,8	11	14,5
4	6	15,8	6	15,8	12	15,8
Total	38	100	38	100	76	100

P=10⁻⁶

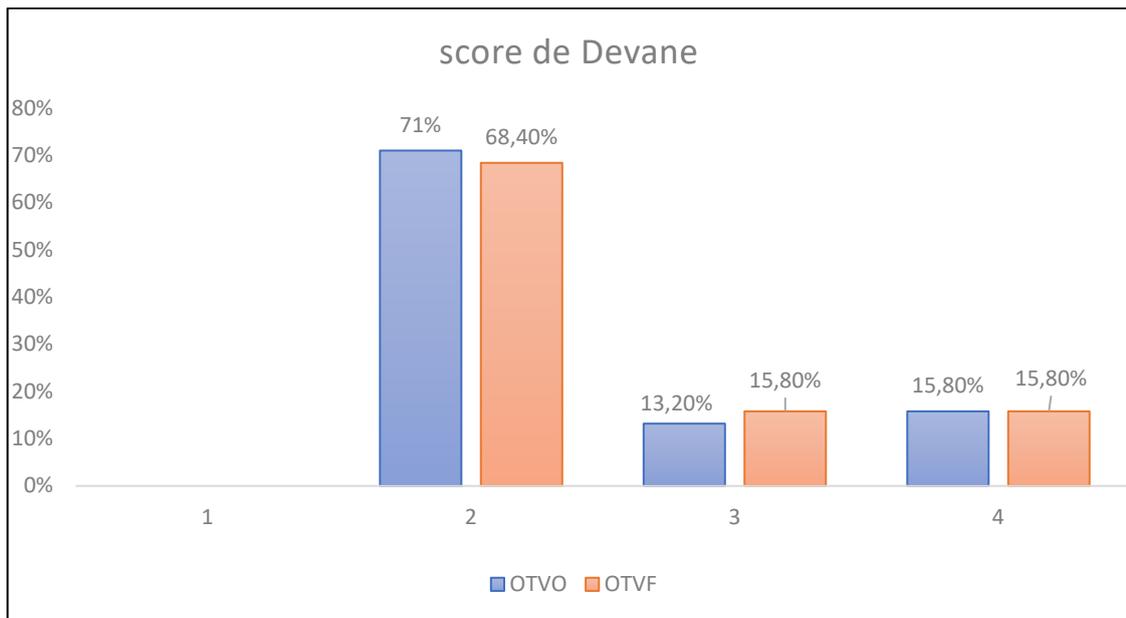


Figure 146 Répartition selon l'évolution du score de Devane

Une nette amélioration du score de Devane en postopératoire :

OTVO : 71% des patients sont Devane 2 ,13,2% Devane 3 et 15,8% Devane 4.

OTVF :68%,4 des patients sont Devane 2 ,15,8% Devane 3 et 15,8% Devane 4

On note transferts de 29 % des patients de groupe OTVO sont devenus plus actifs ,et 31% des patients de groupe OTVF sont devenus plus actifs . (**Figure 146**)

Il existe une différence statistiquement significative entre le préopératoire et postopératoire ($P=10^{-6}$; $P<0,05$) (**Tableau 39**)

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes ($p=0,538$; $p>0,05$)

2.3. Répartition selon le degré de mobilité articulaire :

Tableau 40 Répartition selon le degré de mobilité articulaire

Ostéotomie de valgisation		La mobilité préopératoire	La mobilité postopératoire
OTVO	Moyenne	98,55	120,39°
	Ecart-type	4,335	3,745
	Minimum	90,00	110,00
	Nombre	38	38
	Maximum	110,00	130,00
	Variance	18,794	14,029
OTVF	Moyenne	98,82	120,66°
	Ecart-type	3,376	2,374
	Minimum	95,00	120,00
	Nombre	38	38
	Maximum	110,00	130,00
	Variance	11,398	5,637

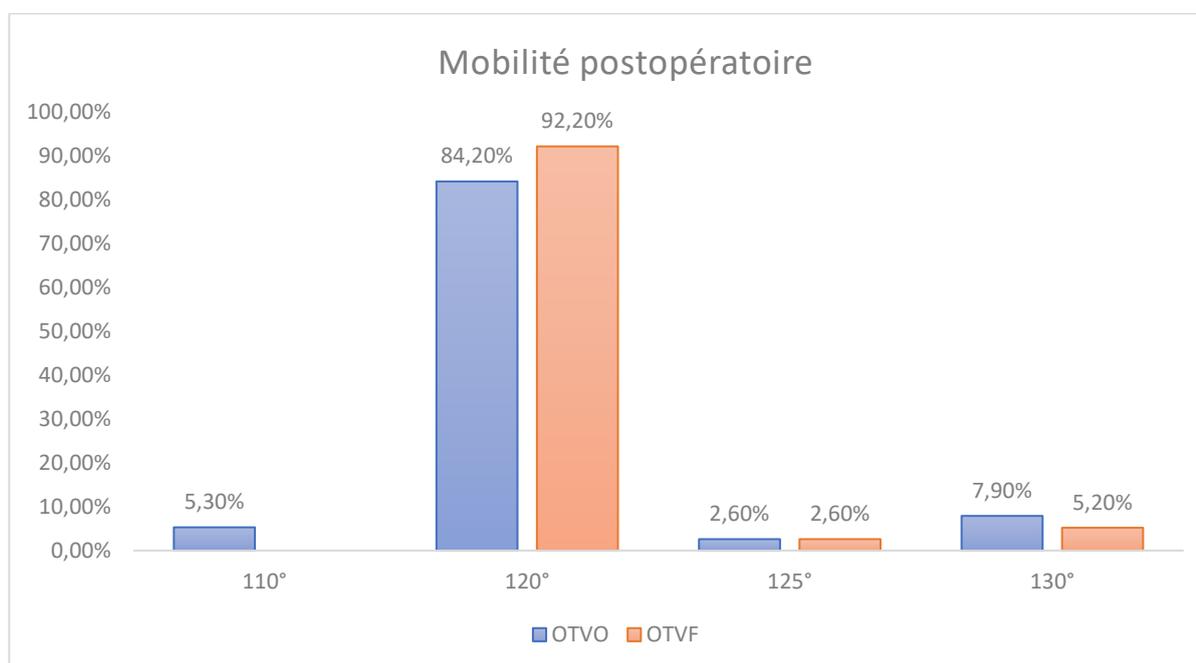


Figure 147 Répartition selon la mobilité articulaire postopératoire

La flexion moyenne en préopératoire dans le groupe d'OTVO était de 98,55° (90-110°) et de 98,82° (95°-110°) (**Tableau 40**)

A la revue, elle est de 120,39° (110°-130°) dans le groupe OTVO et 120,66° (120°-130°) dans le

groupe OTVF, il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes OTVO et OTVF ; en postopératoire .

Par contre on note une nette amélioration de la mobilité articulaire entre le pré et le postopératoire statistiquement positive ($P= 10^{-6}$; $P<0,05$) pour les deux groupes OTVO et OTVF .(Figure 147)

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes selon la mobilité articulaire en postopératoire ($p=0,506$; $p>0,05$)

2.4. Flessum postopératoire :

Tableau 41 Flessum postopératoire

Ostéotomie	Flessum pré-op		Flessum post-op	
OTVO	Moyenne	(2,26°)	(0,63°)	
	Nombre	38	38	
	Ecart-type	(0,601)	(0,942)	
	Minimum	(1°)	(0°)	
	Maximum	(3°)	(2°)	
OTVF	Moyenne	(2,26°)	(0,63°)	$P= 10^{-6}$
	Nombre	38	38	
	Ecart-type	(0,601)	(0,942)	
	Minimum	(1°)	(0°)	
	Maximum	(3°)	(2°)	

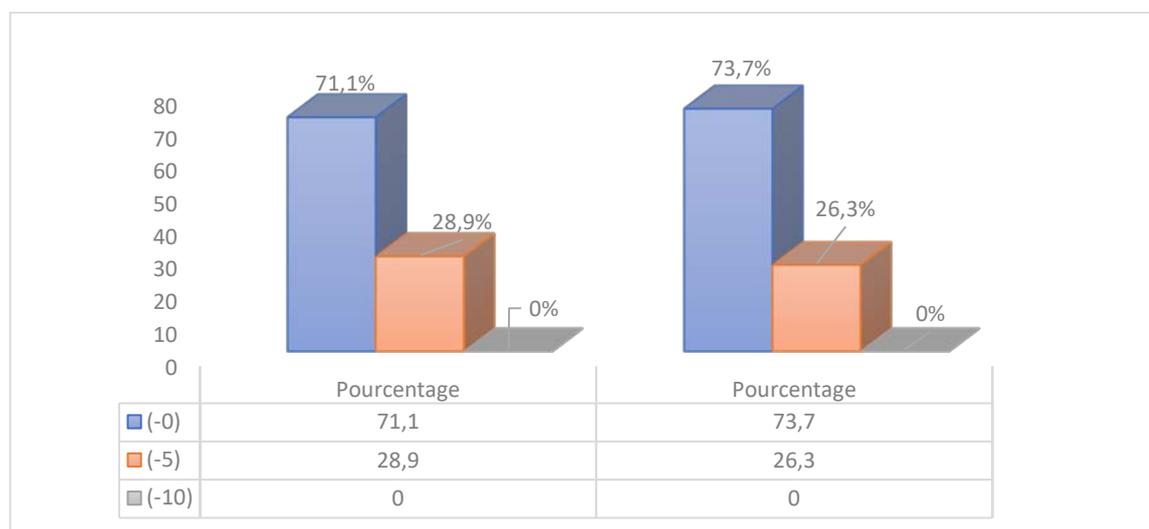


Figure 148 Flessum postopératoire

En postopératoire : On note une régression de flessum, avec 71,1 % des patients de groupe OTVO contre 73,7 % pour le groupe OTVF.

Cette amélioration du flessum entre préopératoire et postopératoire est statistiquement significative ($P=10^{-6}$; $P<0,05$) (Figure 148)

Il n'y a pas de différence significative selon le flessum postopératoire entre les deux groupes ($p=0,597$; $p>0,05$)

2.5. Répartition selon le score HSS :

Tableau 42 Répartition selon le score HSS

Ostéotomie tibiale de valgisation						
Score HSS	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
< 60	0	0	0	0	0	0
60-69	0	0	0	0	0	0
70-84	24	63,2	21	55,2	45	59,2
85-100	14	36,8	17	44,8	31	40,8
Total	38	100	38	100	76	100

P =0,0002

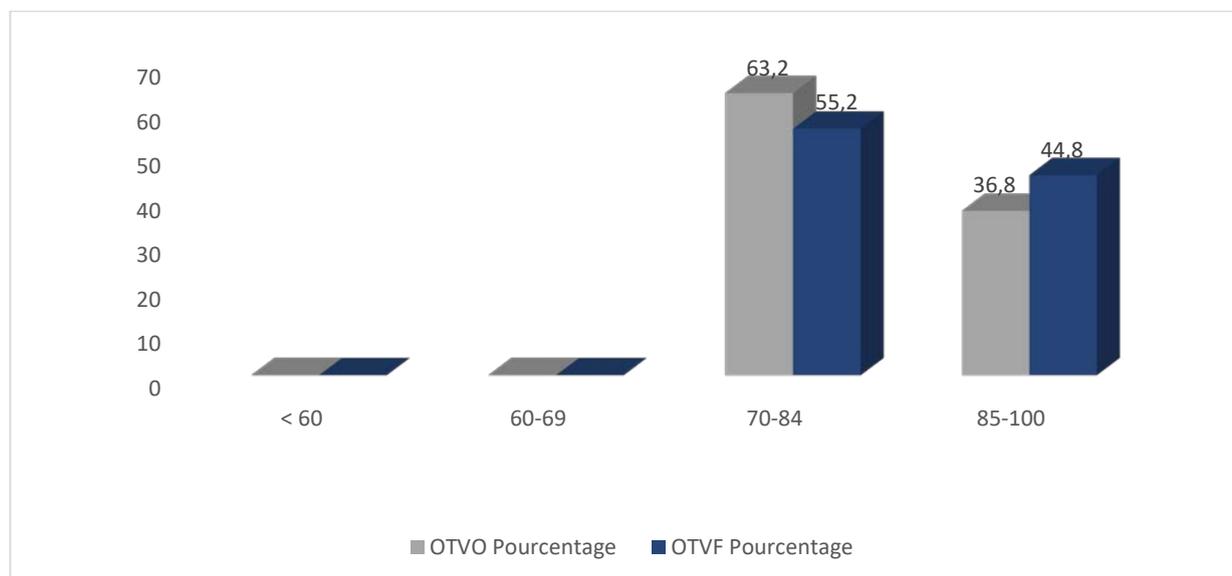


Figure 149 Répartition postopératoire du score HSS

Une nette amélioration du score HSS en post-opératoire :

Le score HSS moyen est de 88 (72-93) dans le groupe OTVO et 89 (73-94) dans le groupe OTVF (*Figure 149*).

Il existe une différence significative entre le préopératoire et postopératoire ($P=0,0002$; $P < 0,05$).

Il n'y a pas de différence significative entre les 2 groupes OTVO et OTVF en postopératoire ($p=0,618$; $p>005$).

2.6. Répartition selon le score KOOS :

Tableau 43 Répartition selon le score KOOS

Ostéotomie tibiale de valgisation						
Score KOOS	OTVO		OTVF		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
< 60	0	0	0	0	0	0
60-69	0	0	0	0	0	0
70-84	15	39,4	18	47,4	33	43,4
85-100	23	60,6	20	52,6	43	56,6
Total	38	100	38	100	76	100

$P=10^{-6}$

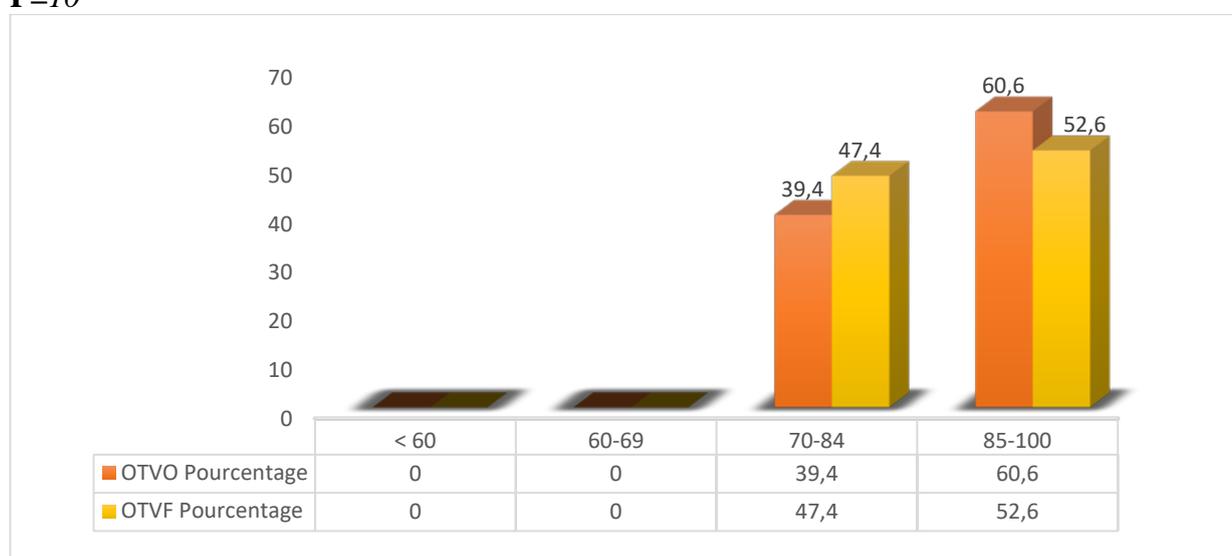


Figure 150 Répartition postopératoire du score KOOS.

Une nette amélioration du score KOOS en post-opératoire :

A la revue le score KOOS « douleur » ; « symptômes, raideur » et « qualité de vie » est de 60,6 % (85-92) dans le groupe OTVO et 52,6 % (85-92) dans le groupe OTVF (Tableau 43).

Il existe une différence statistiquement significative ($P<0,05$) selon le score KOOS entre le préopératoire et le postopératoire. (Figure 150).

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes OTVO et OTVF ($p=0,649$ / $p >0,05$).

2.7. Répartition selon le score d'Oxford :

Tableau 44 Répartition selon le score d'oxford

Ostéotomie de valgisation		Score d'oxford préopératoire	Score d'oxford postopératoire
OTVO	Moyenne	24,00	44,66
	Ecart-type	2,922	3,323
	Minimum	19	34
	Maximum	27	46
	Variance	8,541	11,042
OTVF	Moyenne	23,00	44,97
	Ecart-type	3,154	1,442
	Minimum	19	43
	Maximum	27	46
	Variance	9,946	2,080

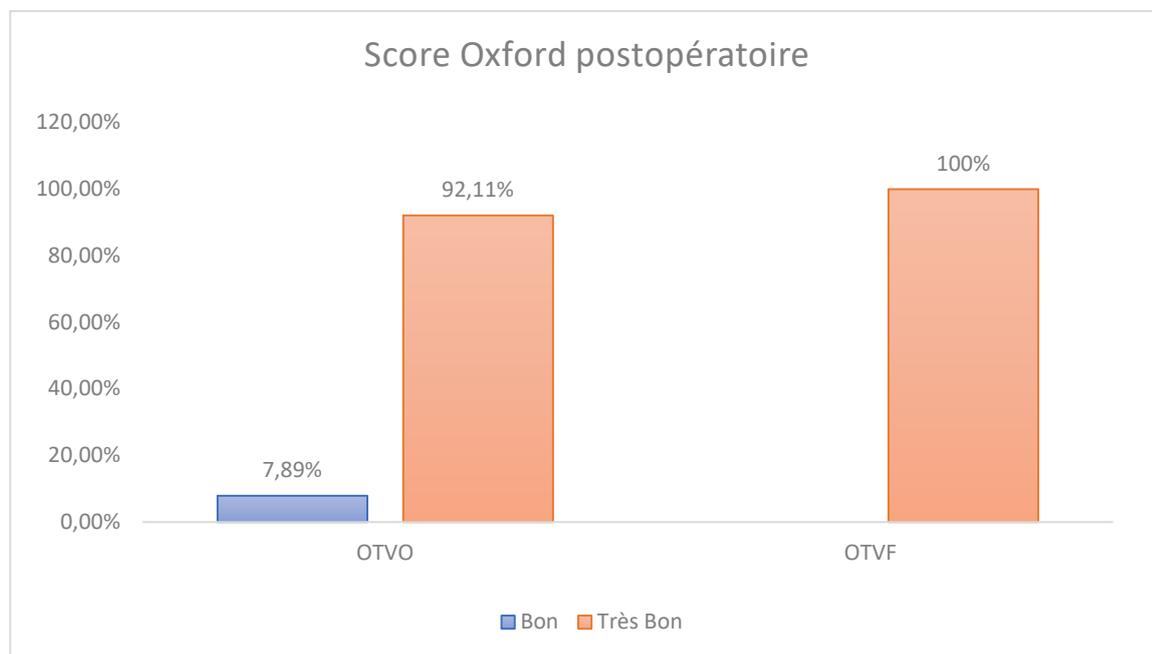


Figure 151 Répartition selon le score d'oxford postopératoire

$P=10^{-6}$

La moyenne du score Oxford pour le groupe d'OTVO est de 44,66 (42-47) et de 44.97 (45-48) pour le groupe OTVF (**Tableau 44**).

Il existe une différence significative entre le score oxford préopératoire et postopératoire ($P < 0,05$) avec une amélioration fonctionnelle notable des deux groupes OTVO et OTVF postopératoire. (*Figure 151*)

Il n'y a pas une différence significative du score oxford postopératoire entre les deux groupes ($p = 0,592 ; p > 0,05$).

3) Résultats radiologiques :

3.1. Mesure de l'arthrose :

➤ Evaluation de l'arthrose fémoro-tibiale postopératoire

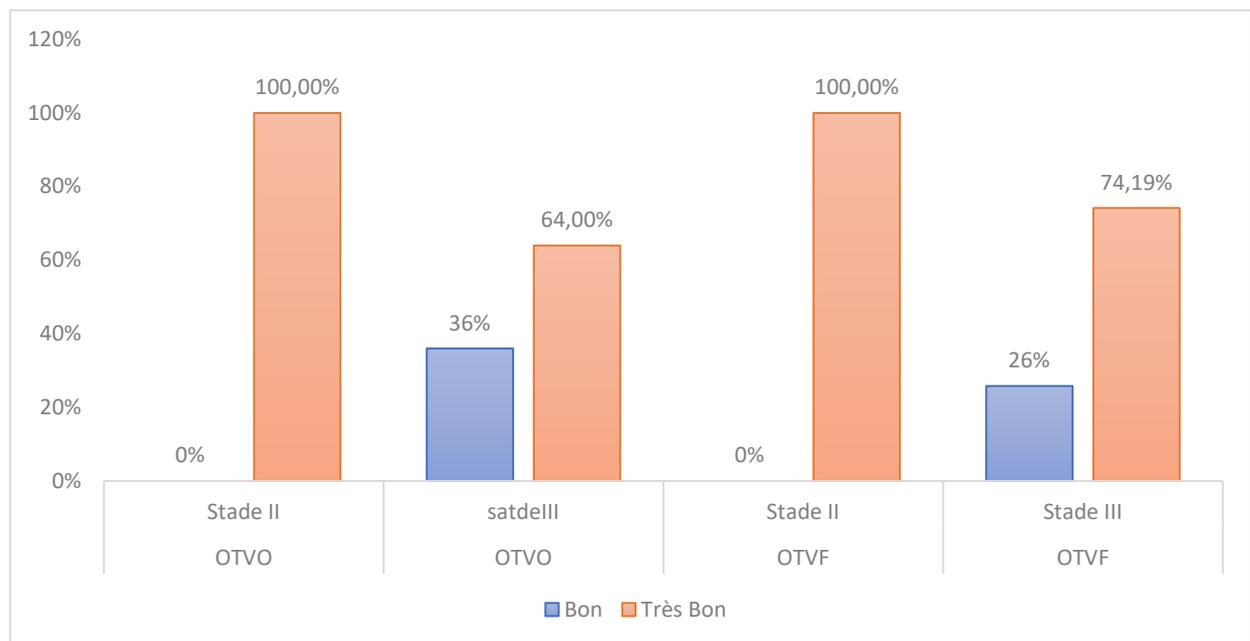


Figure 152 Evaluation de l'arthrose fémoro-tibiale postopératoire

$P = 0,118$

Au dernier recul, (*Figure 152*) il n'existe pas de progression de l'arthrose dans le compartiment fémoro-tibial médial ni latéral chez les OTVO et chez les OTVF.

Il n'y a pas de différence significative concernant le compartiment fémoro-tibial latéral entre le groupe OTVO et OTVF ($p > 0,05$).

➤ **L'évaluation de l'arthrose fémoropatellaire postopératoire:**

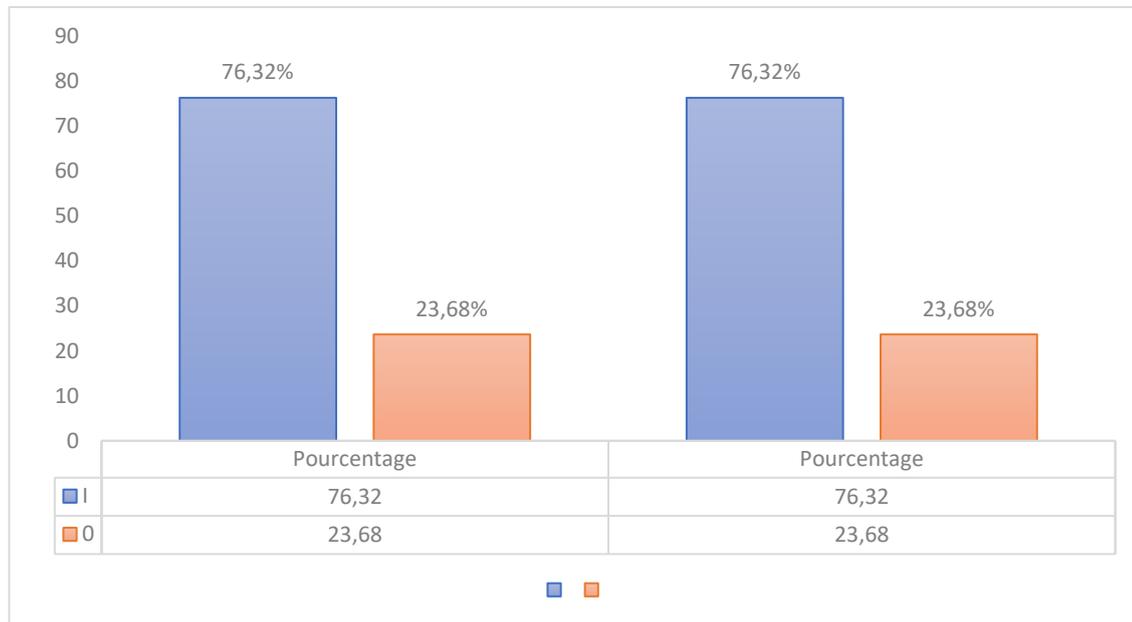


Figure 153 Evaluation de l'arthrose fémoropatellaire postopératoire

En postopératoire est au dernier recul, on ne note pas de progression de l'arthrose fémoropatellaire entre le groupe OTVO et le groupe OTVF. (**Figure 153**)

Il n'y a pas de différence significative concernant le compartiment fémoropatellaire des deux groupes ($p > 0,05$).

3.2. Mesures goniométriques :

➤ Répartition de l'angle HKA :

Tableau 45 Répartition selon l'angle HKA

Ostéotomie de valgisation		HKA préopératoire	HKA postopératoire
OTVO	Moyenne	169,16°	179,47°
	Ecart-type	3,643	1,704
	Nombre	38	38
	Minimum	160,00	173,00
	Maximum	175,00	181,00
OTVF	Moyenne	162,67°	180,16°
	Ecart-type	3,976	0,594
	Nombre	38	38
	Minimum	160,00	178,00
	Maximum	178,00	182,00

P=0,0004

L'angle HKA moyen préopératoire du groupe OTVO est de 169,16° (160-175) et en postopératoire de 179,47° (173-181).

Celui du groupe OTVF l'angle HKA moyen de 162,67° (160-175) en préopératoire et de 180,16° (178-182) en postopératoire (*Tableau 45*).

Il existe une différence statistiquement significative entre l'angle HKA préopératoire et l'angle HKA postopératoire (**P=0,0004 ;P<0,05**).

Il existe une différence statistiquement significative entre les deux groupes OTVO et OTVF (**p=0,02 ;p<0 ,05**) en postopératoire .

➤ **Evaluation des corrections angulaires postopératoires :**

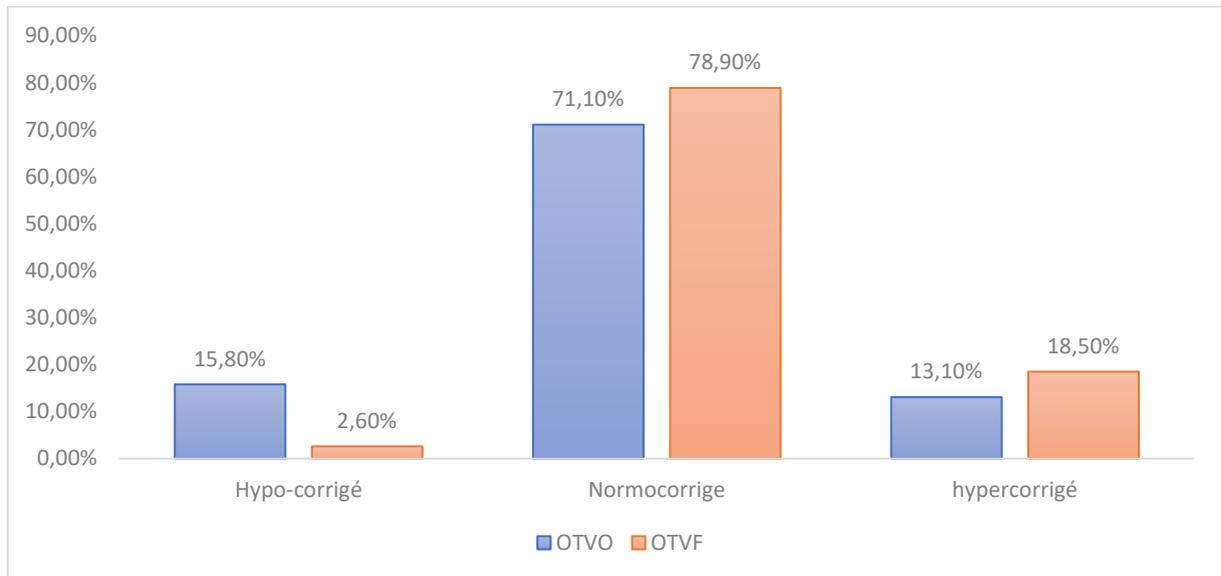


Figure 154 Evaluation de l'angle de correction postopératoire

P=0,431

En préopératoire : 100 % des patients opéré ont un genu varum (160-175°).

En postopératoire : **71,1%** des OTVO et **78,9%** des OTVF sont **normo-corrigé** ; **15,8 %** des OTVO et **2,6%** des OTVF sont **hypo-corrigé**, et **13,5%** des OTVO, **18,5%** des OTVF sont **hypercorrige**. (**Figure 154**).

Il n'existe pas une différence statistiquement significative entre les deux groupes OTVO et OTVF (p >0,05).

➤ **Evaluation de l'angle HKI postopératoire:**

Tableau 46 Evaluation de l'angle HKI

Ostéotomie	HKI préopératoire		HKI postopératoire
OTVO	Moyenne	(90,5°)	(89,5°)
	Nombre	38	38
	Ecart-type	(1,754)	(1,724)
	Minimum	(85°)	(84°)
	Maximum	(96°)	(94°)
OTVF	Moyenne	(89,5°)	(88,5°)
	Nombre	38	38
	Ecart-type	(1,745)	(1,730)
	Minimum	(85°)	(85°)
	Maximum	(92°)	(93°)

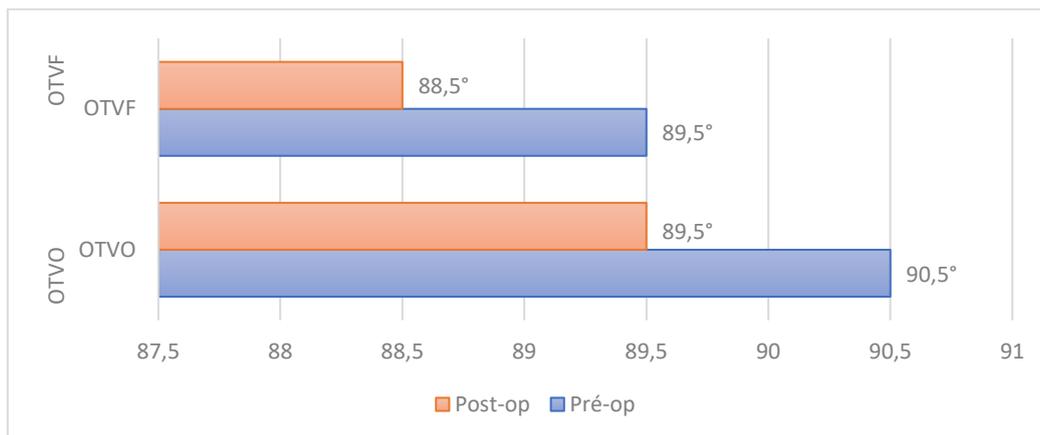


Figure 155 Evaluation de l'angle HKI

L'angle HKI moyen préopératoire du groupe OTVO est de 90,5° (85-96) et celui du groupe OTVF de 89,5° (85-92) en préopératoire (**Tableau 46**)

L'angle HKI moyen postopératoire du groupe OTVO est de 89,5° (84-94) et celui du groupe OTVF de 88,5° (85-93) en postopératoire. (**Figure 155**)

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes OTVO et OTVF. (**P > 0,05**).

➤ **Mesure du varus épiphysaire :**

Mesuré selon la méthode de **Dejour et Levigne** : la mesure de cet angle reste difficile et Les repaires radiologiques (cicatrice du cartilage de conjugaison) ne sont pas toujours détecté.

Le varus épiphysaire moyen du groupe OTVO est de 3,87 ° (2-9) et de 3,73 ° (0-9) dans le groupe OTVF. Il n'y a pas de différence statistiquement significative (**P>0,05**).

➤ **Evaluation de l'angle AKI postopératoire :**

Tableau 47 Evaluation de l'angle AKI

Ostéotomie	AKI préopératoire		AKI Postopératoire
OTVO	Moyenne	(86,5°)	(92°)
	Nombre	38	38
	Ecart-type	(1,754)	(1,724)
	Minimum	(82°)	(89°)
	Maximum	(91°)	(95°)
OTVF	Moyenne	(87°)	(93°)
	Nombre	38	38
	Ecart-type	(1,745)	(1,730)
	Minimum	(81°)	(89°)
	Maximum	(93°)	(95°)

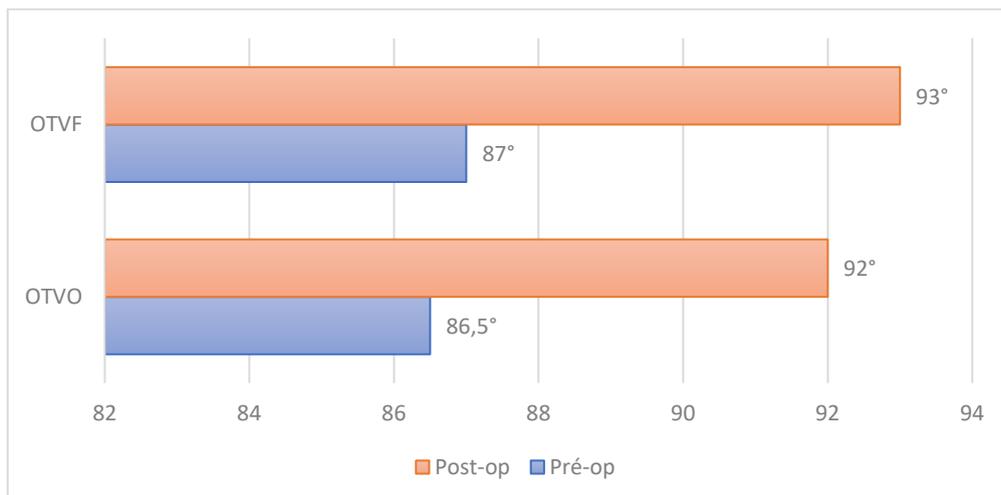


Figure 156 Evaluation de l'angle AKI

L'angle AKI moyen préopératoire du groupe OTVO est de 86,5° (82-91) et celui du groupe OTVF est de 87° (81-93) (Tableau 47).

L'angle AKI moyen postopératoire du groupe OTVO est de 92° (89-95) et celui de groupe OTVF est de 93° (89-95). (**Figure 156**).

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes en post-opératoire.

Il existe une différence statistiquement significative entre le préopératoire et postopératoire ($p < 0,05$).

➤ **Mesure de la pente tibiale :**

Tableau 48 Evaluation de la pente tibiale

Ostéotomie de valgisation		La pente préopératoire	La pente postopératoire
OTVO	Moyenne	7,91	8,32
	Ecart-type	0,930	0,937
	Minimum	6,20	6,70
	N	38	38
	Maximum	9,30	9,7
	Variance	0,864	0,878
OTVF	Moyenne	7,87	7,23
	Ecart-type	0,941	0,916
	Minimum	6,20	5,60
	N	38	38
	Maximum	9,20	8,60
	Variance	0,886	0,840

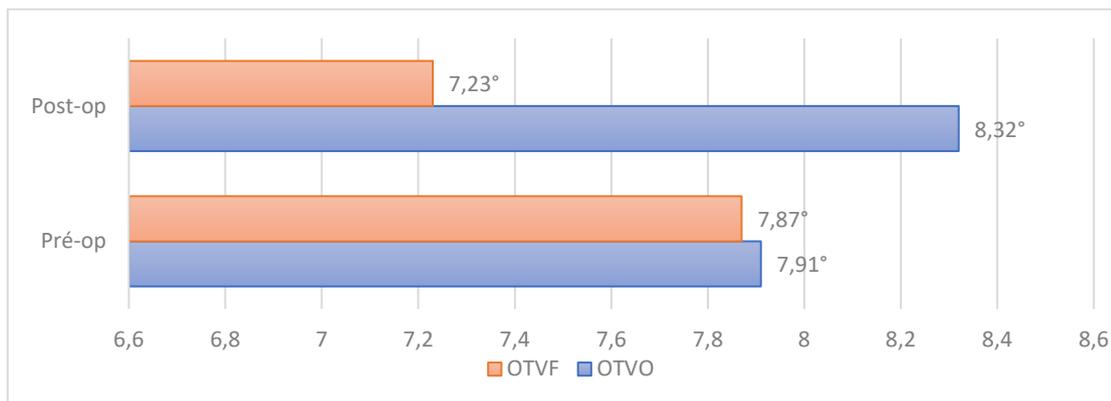


Figure 157 Evaluation de pente tibiale postopératoire.

$P=10^{-6}$

La pente tibiale préopératoire du groupe OTVO est de 7,91°(6°,9°) et celle du groupe OTVF de 7,87° (6°-9°). (**Tableau 48**) Il n'existe pas de différence statistiquement significative entre le groupe OTVO et OTVF ($P>0,05$)

La pente tibiale postopératoire moyenne du groupe OTVO est de 8,38° (7-10°) et celle du groupe OTVF de 7,23° (5,0°-9,0°). (**Figure 157**).

Il existe une différence statistiquement significative entre le préopératoire et postopératoire ($P<0,05$). Il a une différence significative entre les groupes OTVO (augmentation de (+0,50 °)) et OTVF (réduction de (-0,60°)) ($P<0,05$). Même s'il existe une différence entre les valeurs préopératoire et postopératoire dans les deux groupes, elles ne sont pas significatives car elle reste dans l'intervalle des valeurs moyennes admises.

➤ **Mesure de la hauteur rotulienne :**

Tableau 49 Evaluation de la hauteur patellaire

Ostéotomie de valgisation		Caton préopératoire	Caton postopératoire
OTVO	Moyenne	0,964	0,950
	Ecart-type	0,0181	0,0145
	Minimum	0,94	0,93
	Nombre	38	38
	Maximum	1,04	1,01
OTVF	Moyenne	0,946	0,987
	Ecart-type	0,0182	0,0219
	Minimum	0,93	0,96
	Nombre	38	38
	Maximum	1,02	1,04

$P=10^{-6}$

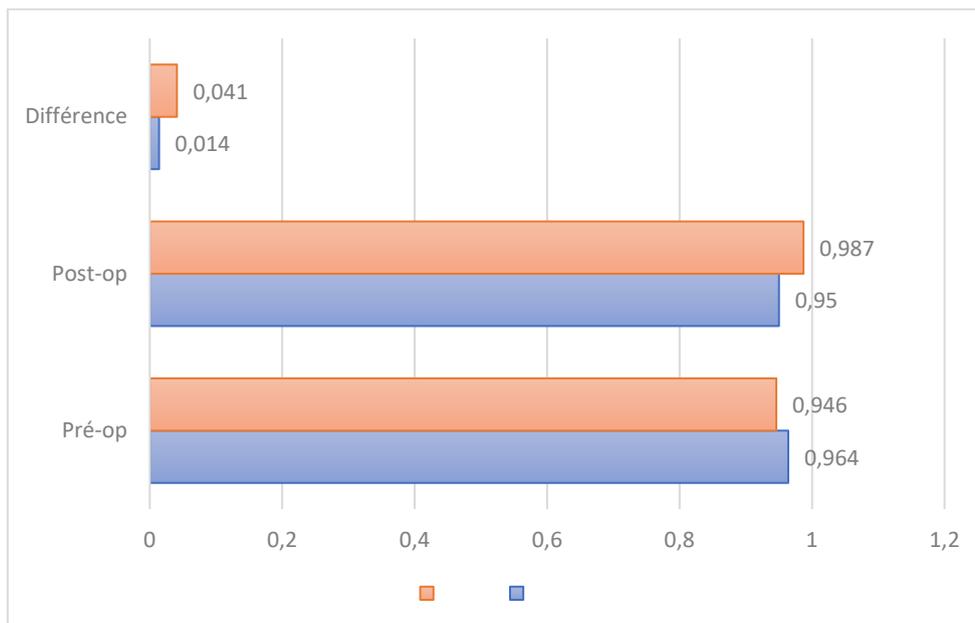


Figure 158 Evaluation de la hauteur patellaire postopératoire

En préopératoire La hauteur rotulienne moyenne du groupe OTVO est de $0,96^{\circ}$ ($0,94-1,04$) et de $0,94^{\circ}$ ($0,93-1,02$) dans le groupe d'OTVF en préopératoire. (**Tableau 49**)

En postopératoire la hauteur rotulienne moyenne du groupe OTVO est de $0,95^{\circ}$ ($0,93^{\circ}-1,01^{\circ}$), et de $0,98^{\circ}$ ($0,96^{\circ}-1,04^{\circ}$) dans le groupe d'OTVF. (**Figure 158**).

Il existe une différence significative entre les résultats en préopératoire et postopératoire des deux groupes (**$P=10^{-6}$; $P < 0,05$**),

Il existe une différence significative entre les deux groupes en postopératoire (**$p=0,018$; $p < 0,05$**).

4) Complications postopératoires :

Tableau 50 Complications postopératoires.

Complications	OTVO	OTVF
Sepsis	0	0
Désunion cutanée ou nécrose cutanée	0	0
Hématome	0	0
Infection superficielle ou profonde	0	0
Paralysie Nerveuse	0	0
Thrombose veineuse profonde	0	0
Fracture de la charnière	2 (5,2%)	2(5,2%)
Pseudarthrose	0	0
Syndrome neuro-algodystrophique	0	0
Totale	2 (5,2%)	2 (5,2%)

Le taux de complications postopératoires au dernier recul, est similaire pour les deux techniques et de l'ordre deux patients (5,2%) par groupe. (*Tableau 50*)

➤ **Prise en charge des complications :**

- Nous avons déploré deux fracture de la charnière externe par OTVO type 1 selon **Takeuchi** [173], [94], ,nécessite une modération de l'appui sur une période allant de 2 à 6 semaines avant une reprise totale juste un retard d'appui (*Figure 159*).
- Nous avons déploré deux fracture de la charnière interne (*Figure 160*) par OTVF type 1 selon **Dorofeev** [168], ,nécessite une modération de l'appui sur une période du 6 semaines appui partiel puis totale .



Figure 159 Radiographie d contrôle d'OTVO à J 1 (fracture de la charnière externe type 1) et J 70 post-opératoire (consolidation) (Icono.pers)



Figure 160 Radiographie du contrôle d'OTVF a j 1 post-opératoire (fracture de la charnière interne type 1) (Icono.pers)

5) Taux de survie :

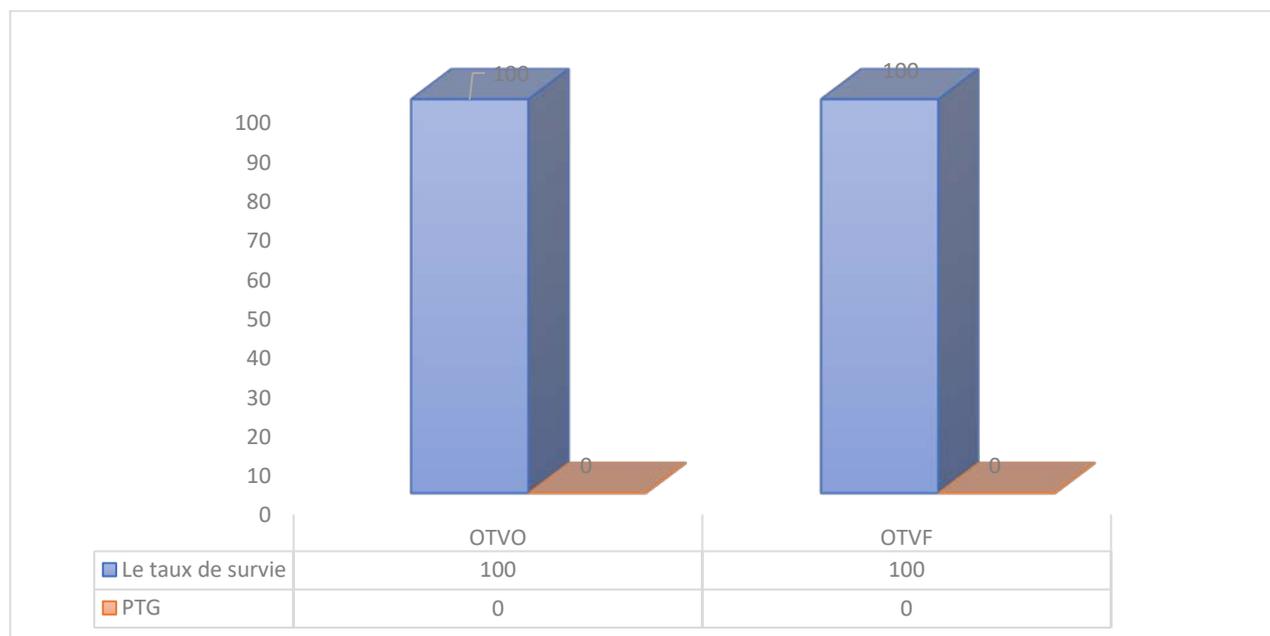


Figure 161 Taux de survie des ostéotomie OTVO et OTVF

Le taux de survie des groupe OTVO et OTVF a été étudié avec comme variable, la reprise par PTG qui est due soit à une progression de l'arthrose aux autres compartiments ; soit à un échec. (**Figure 161**).

La survie au dernier recul de 12 à 36 mois des deux groupes est de 100 %.

On n'a pas repris des patients des deux groupes par PTG (soit pour progression d'arthrose ou pour échec).

Il n'y a pas de différence significative en ce qui concerne la survie ($p > 0,05$) entre les deux techniques.

VI. ANALYSE DES RESULTATS

1) Résultats fonctionnels :

1.1. Evaluation des scores en fonction de l'âge :

Tableau 51 Score fonctionnelle (HSS- KOOS- OXFORD).

score		Bon (70 – 84) (HSS-KOOS) Bon (30-39) (oxford)		Très bon (85-100) (KOOS / HSS) Excellent (40-60) (oxford)		Totale	
		N	%	N	%	N	%
Oxford	OTVO	03	08%	35	92%	38	100
	OTVF	00	00%	38	100%	38	100
HSS	OTVO	24	63.2%	14	36.8%	38	100
	OTVF	21	55.2%	17	44.8%	38	100
KOOS	OTVO	15	39.4%	23	60.6%	38	100
	OTVF	18	47.4%	20	52.6%	38	100

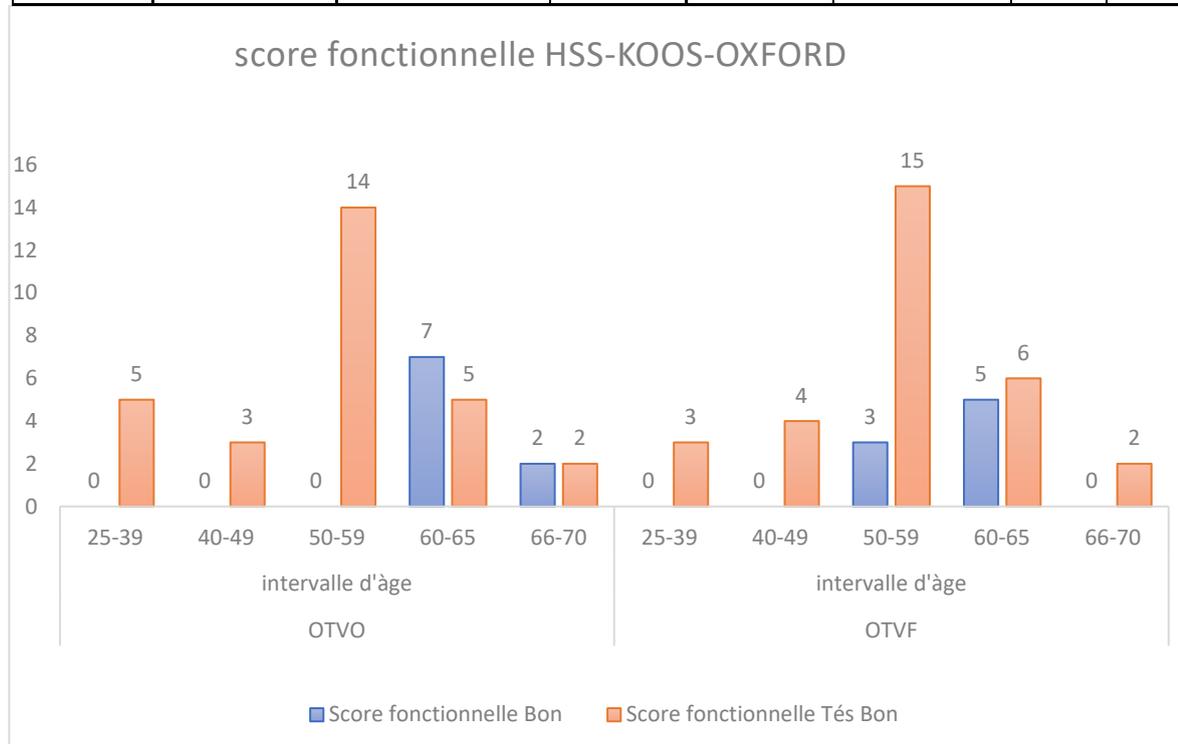


Figure 162 Evolution des scores fonctionnels en fonction de l'âge

Les meilleurs résultats des ostéotomies du valgisation au score fonctionnelle sont chez les patients entre (50-65) ans, avec des bon et très bon résultats, **65,52%** des patients âgés de (50-65 ans) ont des **bon et très bon** résultats dans le groupe OTVO et **70%** des patients âgés de (50-65 ans) ont des **bon et très bon** résultats (**Figure 162**).

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes ($p > 0.05$).

1.2. Evaluation des scores en fonction du sexe :

Tableau 52 évaluation des scores en fonction du sexe

Ostéotomie de valgisation		Score fonctionnelle		Total
		Bon	Tés Bon	
OTVO	Homme	3	7	10
	Femme	6	22	28
OTVF	Homme	1	7	8
	Femme	7	23	30

P=0,987

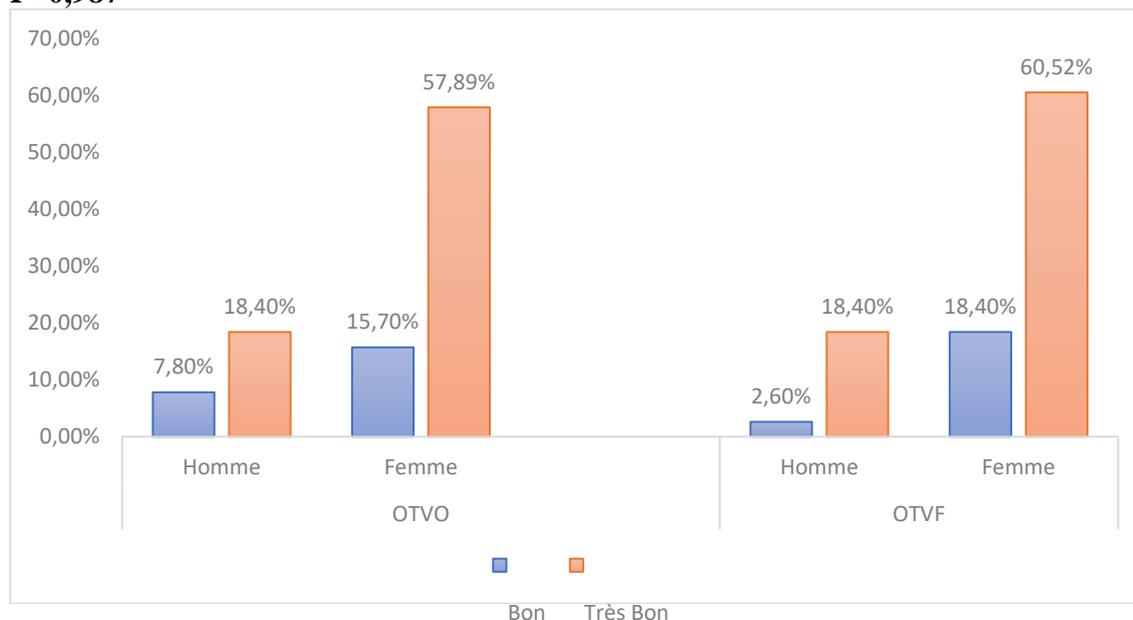


Figure 163 Evolution des scores fonctionnels en fonction du sexe

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les résultats fonctionnels et le sexe dans les deux groupes. ($P > 0.05$) (**Figure 163**)

1.3. Evaluation des scores en fonction de IMC :

Tableau 53 Evaluation des scores en fonction de l'IMC

Ostéotomie de valgisation			Score fonctionnelle	
			Bon	Tés Bon
OTVO	IMC	Normal	0	4
		Surpoids	9	21
		Obèse	0	4
OTVF	IMC	Normal	0	4
		Surpoids	7	20
		Obèse	1	6
Total	IMC	Normal	0	8
		Surpoids	16	41
		Obèse	1	10
	Total	17	59	

P=0,207

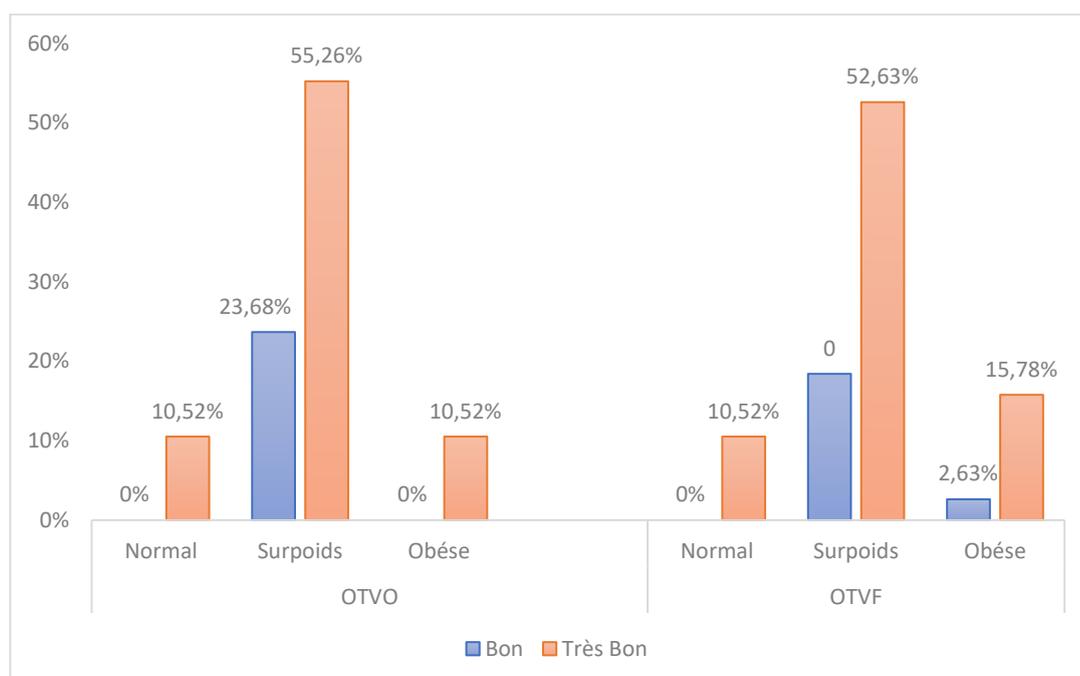


Figure 164 Evolution des scores fonctionnels en fonction de l'IMC

Dans la catégorie des surpoids **78,9%** des bons et des très bons résultats au score fonctionnel dans le groupe d'OTVO et de **71,1 %** dans le groupe d'OTVF

Il existe une dégradation des résultats liée à la surcharge pondérale (**Figure 164**).

Il n'y a pas une différence significative entre résultats fonctionnels et IMC n'a été mise en évidence dans les deux groupes ($p > 0,05$).

1.4. Répartition des scores fonctionnels postopératoire selon Devane initial :

Tableau 54 Répartition des scores fonctionnels postopératoire selon Devane initial

Ostéotomie de valgisation			Score fonctionnelle		Total
			Bon	Tés Bon	
OTVO	Score de Devane préopératoire	2	22,2%	17,2%	18,4%
		3	77,8%	62,1%	65,8%
		4	0%	20,7%	15,8%
OTVF	Score de Devane préopératoire	2	12,5%	10,0%	10,5%
		3	87,5%	70,0%	73,7%
		4	0%	20,0%	15,8%
Total	Score de Devane préopératoire	2	17,6%	13,6%	14,5%
		3	82,4%	66,1%	69,7%
		4	0%	20,3%	15,8%
Total			100,0%	100,0%	100,0%

P=0,012

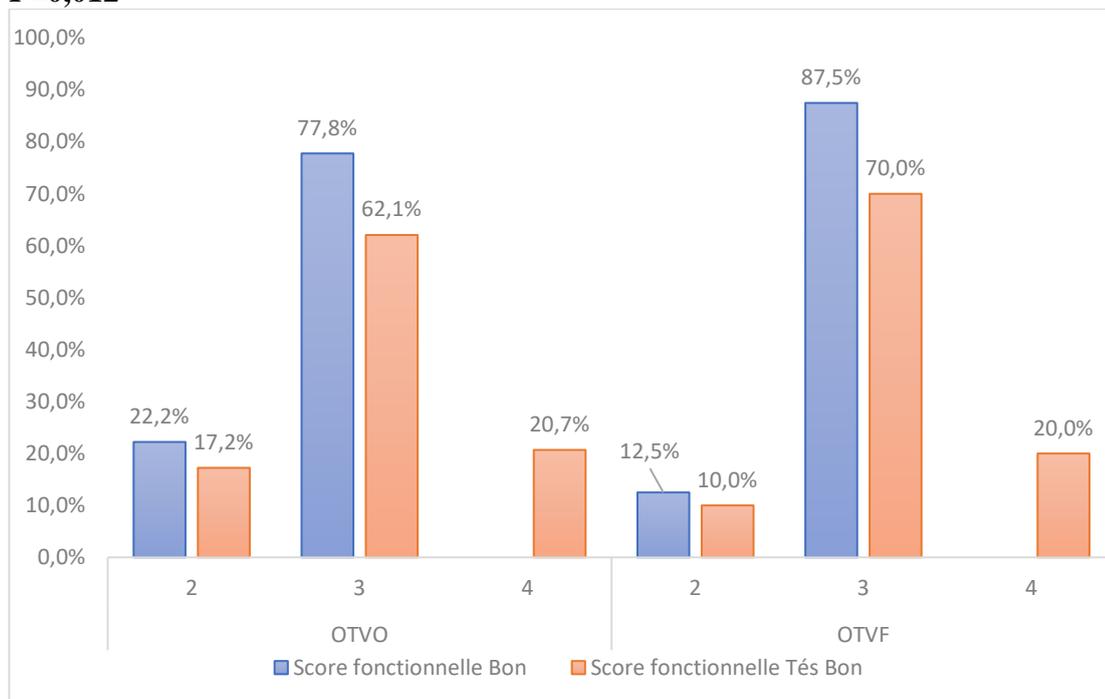


Figure 165 Répartition des scores fonctionnels postopératoire selon Devane initial

Les meilleurs résultats des ostéotomies du valgisation au score fonctionnel sont chez les patients avec un score 1 et 2 de Devane pré-opératoire. (**Figure 165**)

Il existe une différence statistiquement significative entre les scores fonctionnels post-opératoire selon Devane initial ($p < 0,05$).

Il y a une différence statistique significative par rapport aux deux groupes ($p < 0,05$)

1.5. Répartition des résultats en fonction du score de Charnley :

Tableau 55 Répartition des résultats en fonction du score de Charnley

Ostéotomie de valgisation			Score fonctionnelle	
			Bon	Tés Bon
OTVO	Score de Charnley préopératoire	A	55,6%	62,1%
		B	44,4%	37,9%
OTVF	Score de Charnley préopératoire	A	50,0%	76,7%
		B	50,0%	23,3%
Total	Score de Charnley préopératoire	A	52,9%	69,5%
		B	47,1%	30,5%
	Total		100,0%	100,0%

P=0,251

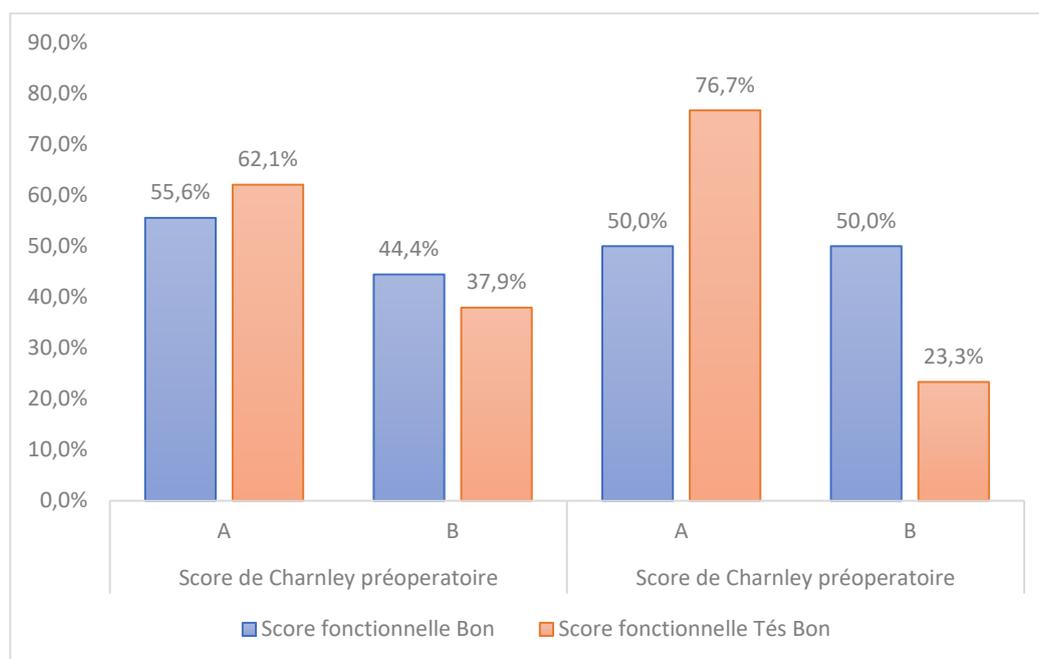


Figure 166 Répartition des scores fonctionnels postopératoire selon le stade de Charnley initial.

L'atteinte uni, bi ou pluri articulaire n'influence pas le résultat des scores HSS, KOOS ou d'OXFORD aussi bien dans le groupe OTVO que dans le groupe OTVF. (**Figure 166**)

Il n'y a pas une différence statistiquement significative entre les deux groupes (P>0,05).

2) Résultats radiologiques :

b. Evolution des scores en fonction de l'atteinte fémoro-tibiale :

Tableau 56 Evolution des scores en fonction de l'atteinte fémorotibiale

Ostéotomie de valgisation				Score fonctionnel		Total
				Bon	Tés Bon	
OTVO	Ahlbäck	Stade II	Effectif	0	13	13
			% du total	0,0%	34,2%	34,2%
		Stade III	Effectif	9	16	25
			% du total	23,7%	42,1%	65,8%
OTVF	Ahlbäck	Stade II	Effectif	0	7	7
			% du total	0,0%	18,4%	18,4%
		Stade III	Effectif	8	23	31
			% du total	21,1%	60,5%	81,6%

P=0,005

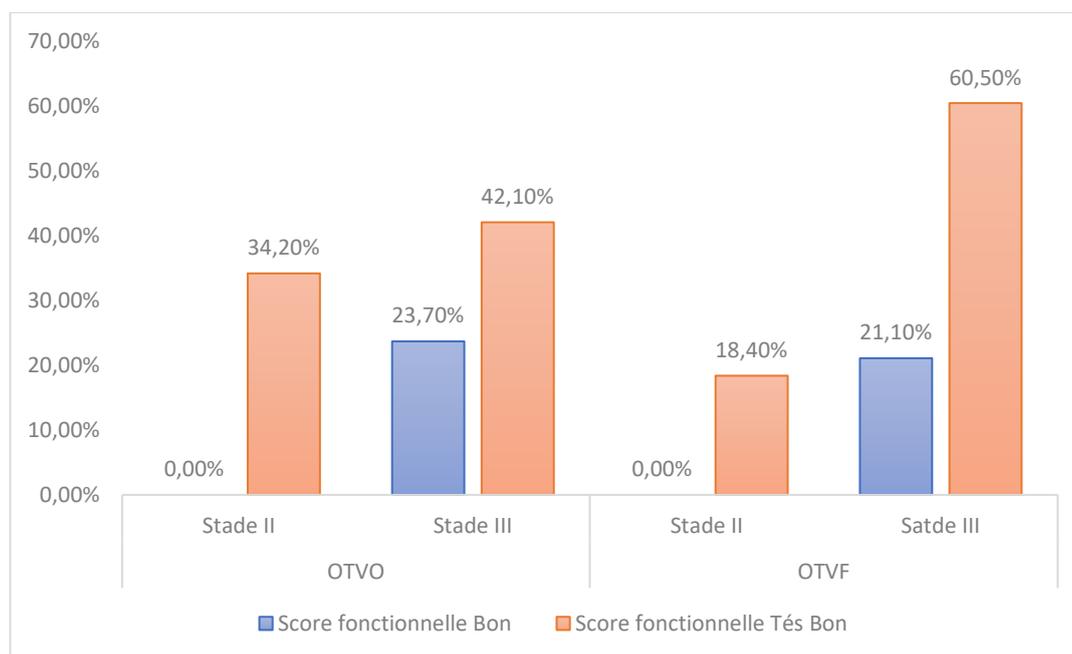


Figure 167 Répartition des scores fonctionnels postopératoires selon le stade d'Ahlback initial.

Les meilleurs résultats des ostéotomies de valgisation aux scores fonctionnels s'observent pour les arthroses stade III d'Ahlbäck. (Figure 167)

Il y a une différence statistiquement significative entre les deux groupes ($p < 0,05$), entre les patients opérés d'une arthrose stade II et ceux opérés d'une arthrose stade III.

c. Evolution des scores en fonction de l'atteinte fémoropatellaire :

Tableau 57 Evolution des scores en fonction de l'atteinte fémoropatellaire

Ostéotomie de valgisation				Score fonctionnelle	
				Bon	Tés Bon
OTVO	Classification fémoropatellaire IWANO	Stade 0	Effectif	0	9
			%	0,0%	23,7%
		Stade I	Effectif	9	20
			%	23,7%	52,6%
OTVF	Classification fémoropatellaire IWANO	Stade 0	Effectif	0	9
			%	0,0%	23,7%
		Stade I	Effectif	8	21
			%	21,1%	55,3%

P=0,08

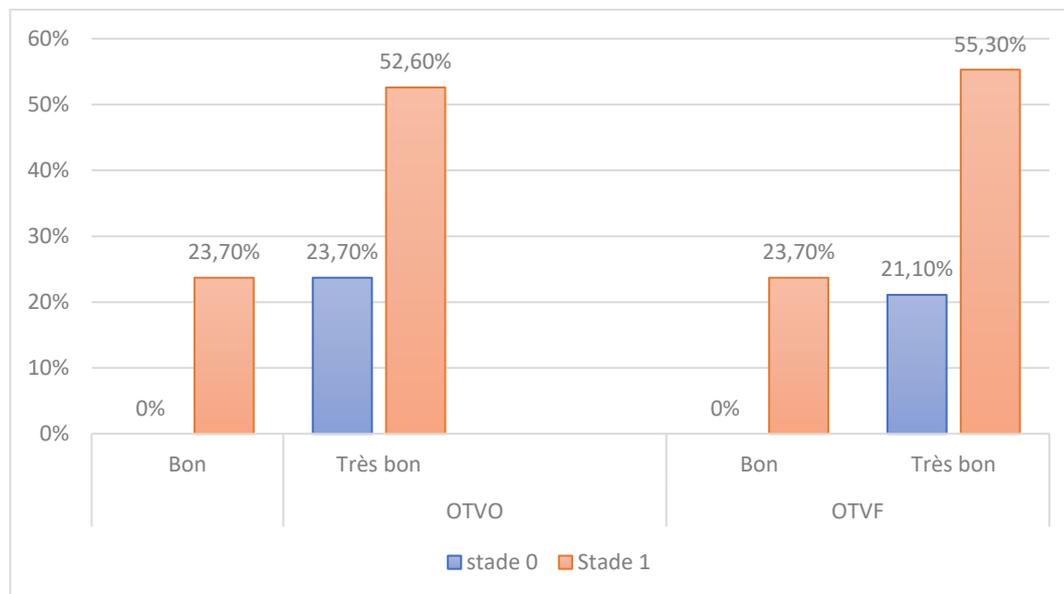


Figure 168 Répartition des scores fonctionnels postopératoire selon le stade Iwano initial.

Dans la catégorie d'atteinte fémoropatellaire stade I (Iwano) : **52,6%** des très bon résultats au score fonctionnel dans le groupe d'OTVO et **55,3%** des très bon résultats dans le groupe d'OTVF. Il n'y a pas de différence significative selon l'atteinte initiale du compartiment fémoropatellaire entre les deux groupes. ($P > 0,05$). (Figure 168)

2.3 Evaluation des corrections angulaires et HKA postopératoire selon les scores fonctionnels

Tableau 58 Evaluation des corrections angulaires et HKA postopératoire selon les scores fonctionnels :

Ostéotomie	Score fonctionnel	Nombre		Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
OTVO	Bon	9	23,68%	178,6667	2,2913	173	180
	Tés Bon	29	76,32%	179,7241	1,4367	175	181
OTVF	Bon	8	21,05%	180,25	0,4629	180	181
	Tés Bon	30	78,95%	180,1333	0,6288	178	182

P=0,151

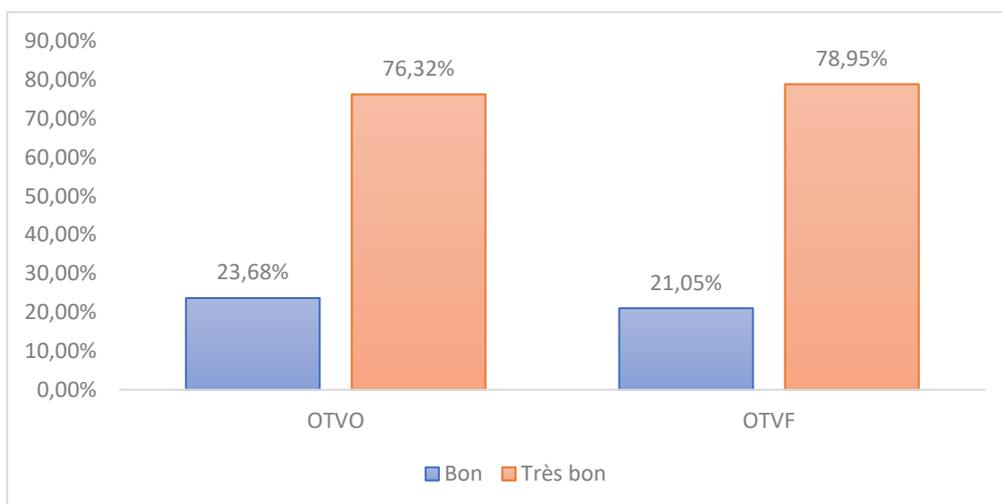


Figure 169 Evaluation des corrections angulaires et HKA postopératoire selon les scores fonctionnels

Dans le groupe d'OTVO : **76,32%** de **très bon résultat** au score fonctionnel pour l'angle HKA post-opératoire entre (173°-180°) et **23,68%** de bon résultat pour l'angle HKA entre (175°-181°). Dans le groupe OTVO ; **78,95%** de **très bon résultat** au score fonctionnel pour l'angle l' angle HKA post-opératoire entre (180°-181°) et **21,05%** de bon résultat pour l'angle HKA entre (178°- 182°). (**Tableau 58**)

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes. (**P=0,151 ;P > 0,05**). (**Figure 169**)

VII. DISCUSSION

L'ostéotomie de valgisation tibiale par ouverture médiale OTVO ou par fermeture latérale OTVF sont les deux traitements conservateurs de choix de la gonarthrose fémoro-tibiale interne sur genu varum.

Malgré le bon nombre d'études disponibles, la comparaison et la mutualisation des résultats est un défi en raison des différents systèmes et techniques d'évaluation utilisés. Cependant, de manière générale, les études publiées sur l'OTV font état de **bons résultats à long terme** avec une sélection correcte des patients et une technique chirurgicale précise.

Par ailleurs, la revue de la littérature montre que les résultats se détériorent progressivement avec le temps. Néanmoins, certains problèmes doivent encore être résolus ; le choix entre l'ouverture médiale ou la fermeture latérale, la sélection du greffon dans les ostéotomies à coin d'ouverture, le type de fixation.

L'avantage majeur des ostéotomies de valgisation tibiale OTV réside dans le fait qu'il n'est pas implanté de matériel prothétique et que le capital osseux est préservé. L'inconvénient est de voir apparaître une dégradation arthrosique sur le compartiment opposé si la déformation est mal corrigée. De plus, les complications sont aussi plus fréquentes après OTVO qu'après OTVF.

Notre étude a permis, d'introduire des scores fonctionnels modernes comparant OTVO et OTVF, de préciser les indications de chacune des deux techniques.

De comparer les scores fonctionnels des ostéotomies tibiale du valgisation par ouverture médiale ou fermeture latérale, mais aussi les caractères morphologiques de chaque population, de répondre à un certain nombre de questions et à préciser les indications thérapeutiques de chacune des deux techniques.

1). Résultats des Ostéotomie tibiale de valgisation par addition interne OTVO :

Les résultats cliniques des OTVO dans la littérature sont satisfaisants (*Tableau 59*)

DE Bonasia, F Dettoni[200] : étude réalisée en 2009, un total de 141 OTVO consécutives ont été réalisées chez 123 patients. Seuls les patients présentant une surcharge avec arthrose médiale du genou symptomatique ont été inclus. L'âge moyen des patients au moment de l'intervention chirurgicale était de $54,5 \pm 9,2$ ans. Le suivi moyen était de $51,5 \pm 23,8$ mois. Les scores de la Knee Society et du WOMAC se sont significativement améliorés après la chirurgie ($P < 0,001$). L'analyse de Kaplan-Meier a montré un taux de survie de 98,7 % à 5 ans et de 75,9 % à 7,5 ans. L'OTVO est une procédure fiable pour l'arthrose médiale du genou.

Khoshbin et al[201] : rapportent un taux de survie à 10 ans de 67 % avec les facteurs de risque

suiuants : sexe féminin, comorbidités, âge supérieur à 46 ans. **Bouguennec et al[202]**. Rapportent en revanche un taux de survie à 10 ans de 75 % avec les facteurs suivants : sexe masculin, âgé de plus de 54 ans, indice de masse corporelle (IMC) > 25, arthrose MTF sévère, fracture de la charnière latérale, une correction de l'angle (HKA) de < 8°, et un HKA postopératoire de < 180°.

Schroter et al [203] : rapportent une très bonne précision en utilisant la mesure des écarts, avec 91 % des cas à < 4° de leur cible.

Duivenvoorden et al [204] : ont publié une série d'OTVO qui utilisait une table trigonométrique pour calculer la hauteur de leurs ouvertures. Ils ont rapporté que 52% de leurs malades se situaient dans la plage de correction cible qui se situait entre 2° et 6° de valgus.

Do Kyung et Kyoun Kim [205]. L'expérience chirurgicale peut améliorer les compétences du chirurgien dans la prévention de la sous-corrrection, du changement excessif de la pente postérieure et la fracture de la charnière latérale. Cependant, cela peut ne pas aider à réduire l'incidence de la surcorrection, même après la réalisation de 100 cas d'OTVO sur une période de 6 ans.

Brouwer et al. [164] dans leur analyse de l'examen systématique a indiqué qu'il existe un niveau de preuve que L'OTVO améliore la fonction du genou et réduit la douleur. Ils ont rapporté qu'avec cette technique 56% des malades ont une correction entre (0° à 6° de valgus).

Lobenhoffer et Agnèskirchner [206] utilisé une plaque médiale pour 92 ostéotomies d'ouverture sans perte de correction postopératoire.

Spahn G [207] : dans une analyse des complications et des erreurs techniques potentielles après une OTVO sur 85 patients 49 hommes et 36 femmes, souffrant de gonarthrose en varus ont conclués (il y a moins de complications par OTVO).

Dubrana et P Neyret [197] : dans une série, de 62 patients (37 hommes- 25 femmes) présentant une arthrose fémoro-tibiale interne invalidante, opérés selon une technique d'OTV par addition interne. L'âge moyen lors de l'intervention était de 59 ans [33 à 72]. Selon le stade Ahlback : il y avait 25 stades 1, 16 stades 2, 18 stades 3 ; • l'angle HKA préopératoire moyen était de 172° (182—161). Ils ont observé deux complications : une infection locale et une fracture irradiée au plateau tibial externe, toutes les deux ont évolué favorablement. La pente tibiale postérieure, en moyenne de 3° en préopératoire, était de 4,4° en postopératoire : cela confirme que l'addition tend à augmenter la pente tibiale, surtout si la valgisation effectuée est importante. Le recul minimum est de 10 ans, sur les 62 patients : 11 étaient perdus de vue, 9 ont été repris par une prothèse totale de genou (un à un an, 2 à 6 ans, 2 à 8 ans, 1 à 9 ans, 3 à 10 ans) et 42 n'ont pas été réopérés. Le taux de survie, en excluant les perdus de vue, est donc de **84 %**

Han et al. (82) Si l'ostéotomie se dirige vers la tête de la fibula il n'y aura pas une fracture de charnières, la capsule articulaire et le périoste situés dans cette zone soient à l'origine d'une certaine stabilité qui réduirait le risque de fracture de charnière

R Takeuchi, H Ishikawa : Sur une évaluation clinique et radiographique des patients atteints d'arthrose du compartiment médial du genou ayant subi un traitement par ostéotomie tibiale d'ouverture (OTVO) suivie d'une mise en charge complète précoce. Montré qu'un programme d'exercices de mise en charge précoce permet une mise en charge complète 2 semaines après l'OTVO avec TomoFix et des cales osseuses artificielles. Dans l'ensemble, cette combinaison s'est avérée un traitement **très efficace** pour corriger le mauvais alignement du genou chez les patients souffrant d'arthrose du compartiment médial.

JD Agneskirchner, C Hurschler [148]: La position de l'axe de charge dans le plan frontal a un effet important sur la répartition de la pression du cartilage tibio-fémoral du genou. Le compartiment médial est principalement chargé dans un genou en varus ; un axe mécanique neutre charge légèrement plus le compartiment latéral que le compartiment médial. L'OTV avec cale d'ouverture produit une décompression du compartiment articulaire médial.

T Duivenvoorden, P Van Diggele [204] : Une évaluation du taux de survie d'une série consécutive de 412 patients opérés par l'un des deux techniques OTVO ou OTVF. La probabilité de survie était de 75 % après 10 ans dans le groupe OTVF contre 90 % dans le groupe OTVO ($p < 0,05$). Dans les deux groupes, un nombre égal de patients ont « besoin d'une prothèse ».

OS Lee, S Ahn, YS Lee [150] : Effet et sécurité de la mise en charge précoce sur les résultats après une ostéotomie tibiale haute ouverte, cette analyse confirme qu'une mise en charge complète précoce après OTVO utilisant une plaque de verrouillage entraîne une amélioration des résultats et est comparable à une mise en charge retardée en termes de résultats cliniques et radiologiques.

D Naudie, RB Bourne [208]: rapportent les résultats de 106 ostéotomies de valgisation tibiale chez 85 patients ont été évalués après un suivi minimum de 10 ans pour déterminer le taux de survie, les complications et les facteurs de risque associés à l'échec. En utilisant l'analyse de survie de Kaplan-Meier, **73 %** des patients à 5 ans, **51 %** des patients à 10 ans, **39 %** à 15 ans et **30 %** à 20 ans .

Tableau 59 Les résultats cliniques des OTVO et ou OTVF dans la littérature

Auteur	Étude	Effectif	Année	Recul	Âge	IMC	Type
Yoon[209]	Base SS	452 724	2019	/	56,1	/	/
Harris [210]	Méta	4557	2013	7,1	53,1	26,7	OTVO /OTVF
Niinimäki [211]	Registre	3195	2012	10,4	54	/	/
W-Dahl [212]	Registre	3161	2012	8,7	52	/	OTVO /OTVF
Khoshbin [201]	Base SS	2671	2017	> 2	46	/	/
Kim [213]	Méta-	2662	2017	/	/	/	OTVO /OTVF
Pannell [214]	Base SS	1576	2019	4,5	43,9	/	/
Hui [215]	Rétrospecti	413	2011	12	50	28,3	OTVF
Duivenvoorden [204]	Rétrospecti	412	2015	9,8	49,2	29,1	OTVO /OTVF
Flecher [216]	Rétrospecti	372	2006	18	42	24,9	OTVF
Hernigou [217]	Rétrospecti	245	2001	10	59	/	OTVO /OTVF
Van Wulfften [218]	Rétrospecti	223	2018	12	54	27,2	OTVO /OTVF
Dubrana (SOO) [197]	Rétrospecti	214	2007	11	59	/	OTVO /OTVF
CHU CAEN[202]	Rétrospecti	117	2020	7,9	54,	29,9	OTVO /OTVF
Akizuki [219]	Prospective	159	2008	14,4	62,9	25,8	OTVF
Saragaglia (18)	Prospective	124	2011	10,4	53,3	27,1	OTVO
Keenan [220]	Rétrospecti	106	2019	12	45	/	OTVO
Naudie [208]	Rétrospecti	106	1999	14	55	/	OTVO /OTVF
Van Raaij [221]	Rétrospecti	99	2008	12	49	27	OTVF
Bonasia [200]	Prospective	79	2014	4,3	54,5	27,6	OTVO
Schuster [222]	Prospective	75	2018	10	50,9	27,1	OTVO
Koshino [223]	Rétrospecti	67	2004	19	59,6	25	OTVF
Tang [224]	Rétrospecti	50	2005	6,5	49	/	OTVF
Ghadi HCA[225]	Prospective	100	2015	2-3	64,	29,5	OTVF/PTG
Tebibe HCA[226]	Prospective	70	2023	2-3	60	27,8	OTVF/PUC
HMRUC	Prospective	76	2023	2-3	56	28,26	OTVO /OTVF

JH Han, HJ Kim [227]: une méta-analyse pour déterminer si la plaque verrouillable ou non verrouillable entraînait des meilleurs résultats pour l'ostéotomie tibiale haute à coin d'ouverture (OTVO). Parmi leurs résultats rapportés, il n'y avait aucune différence dans l'incidence de consolidation, la plaque non verrouillable était associée à une incidence plus faible de maintien de la correction et un plus grand angle de perte de correction et la plaque de verrouillage était associée à une amélioration significative du score fonctionnel. La plaque verrouillable offre de meilleurs résultats cliniques et réduit les taux de perte de correction et les angles par rapport à la plaque non verrouillable pour la fixation avec OTVO.

2). Analyse des résultats des ostéotomies tibiales de valgisation par soustraction externe OTVF

Les résultats cliniques des OTVF dans la littérature sont satisfaisants (*Tableau 60*).

Dès 1984, les premiers travaux de **Coventry**[1] [228], à la **Mayo Clinic**, montrent une bonne satisfaction des patients.

Ceux d'**Insall** [229], retrouvent plus de 85 % de bons résultats ,sur 95 genoux,

Hernigou [230], confirme ces bons résultats dans une étude portant sur 93 genoux, à 11 ans de recul, avec 90 % de bons résultats. Il note toutefois une détérioration importante après la septième année.

Lors du symposium de 1991 de la **SOFCOT**, **Segal** [114] dans son étude portant sur 203 cas revus à 05 ans, retrouve 85% de bons résultats. Il est à préciser que, 45 % des patients présentaient un stade III d'Ahlback et 4% un stade IV.

Coventry [228] en 1993, dans une étude rétrospective de 87 cas, rapporte 89 % de bons résultats à 5 ans. Ses résultats à 10 ans sont comparables à ceux de **Lootvet** [231] et **Rinonapoli** [232] avec une satisfaction moyenne de 73 % des patients.

Sprenger [190], sur une série de 76 cas obtient de bons résultats dans plus de 80 % des cas et recommande l'OTV comme alternative à la PTG en particulier chez les personnes âgées de moins de 60 ans.

Jenny[86] , 64 % de bons résultats à 10 ans de recul ,dans une série de 111 patients .

Les résultats obtenus par **Naudie** [208], dans son étude à très long recul (plus de 20 ans), sont également moins bons. Il insiste sur la sélection parfaite des patients afin de pérenniser les résultats à long terme.

Plus récemment **Flecher** [216] et **Efe** [183], 70 % de bons et très bons résultats au score HSS à plus de 15 ans de recul dans une série de 301 genoux .

Dubrana [197] rapporte les résultats d'analyse de 152 dossiers d'OTVF dont 113 ont été revu à plus de 10 ans montre que certains facteurs ne sont pas significatifs pour prévoir le résultat fonctionnel à plus de 10 ans : ce sont l'âge, le poids, le sexe, la pente tibiale, la hauteur rotulienne mesurée par l'indice de Caton, la valeur du varus épiphysaire, l'angle AKI préopératoire, l'importance de l'arthrose évaluée par le stade d'Ahlback.

En revanche, certains facteurs sont tout à fait significatifs : • un moment varisant postopératoire inférieur à 200 kg cm ; • un écart varisant global postopératoire diminué d'au moins 50 % ; • un angle HKA postopératoire compris entre 183° et 186°; • un angle AKI postopératoire supérieur à 90°. L'ostéotomie tibiale de valgisation est une intervention satisfaisante qui garde sa place dans l'arsenal thérapeutique des gonarthroses fémoro-tibiales internes avec un taux de survie de 85 % à 10 ans de recul.

Hui[215] , un score d'Oxford moyen à 40 /48 après OTV, dans une étude en 2011 rétrospective comprenant 455 genoux à 19 ans de recul.

Mathieu [120] en 2012, rapporte sur une série comparant les ostéotomies de valgisation tibiales de soustraction aux prothèses unicompartmentales ,75% de bons résultats à 10 ans dont 12% étaient au stade III d'**Ahlbäck**. bénéficié d'une ostéotomie présentaient

Nos résultats aux différents scores fonctionnels sont comparables à la littérature avec 88% de très bons résultats au score HSS-Insall. La mobilité en flexion est supérieure à 120° chez 84% des patients au dernier recul, ainsi qu'une amélioration importante aux scores de Devane et de Charnley. L'ostéotomie par fermeture latérale est la méthode traditionnelle d'ostéotomie de valgisation pour l'arthrose médiale du genou. La majorité des études ont montré de bons résultats au cours des premières années de suivi avec une détérioration au fil du temps. Normalement, au cours des 5 à 15 premières années, les résultats sont très satisfaisants.

Insall et al [229] ont montré dans leur étude qu'à 2 ans de suivi, 97% des patients montrent un bon résultat, alors qu'après 5 ans il diminue à 83% et après 9 ans encore 63% des patients sont satisfaits. Les résultats insatisfaisants sont normalement le résultat d'une sélection inadéquate des patients ou d'une erreur de planification de l'ostéotomie.

Un autre problème possible est la perte de correction causée par une stabilité insuffisante de l'implant.

L'ostéotomie par fermeture latérale a perdu de son importance au cours des dernières années, tandis que l'ostéotomie par ouverture médiale est pratiquée plus fréquemment. Cette nouvelle technique est plus facile, plus rapide et plus précise et présente moins de risques pour le nerf péronier **[217]**. Grâce aux nouveaux implants offrant une meilleure stabilité, une greffe osseuse à partir de la crête iliaque n'est plus obligatoire. Néanmoins, on voit persister des indications de la technique du coin fermé en cas de rotule basse, si la pente postérieure doit être diminuée ou si une arthrotomie latérale doit être pratiquée.

L'ostéotomie tibiale par fermeture latérale est une technique efficace dans le traitement de l'arthrose du compartiment médial. Les avantages par rapport à la technique d'ouverture médiale comprennent la capacité de réduire la pente tibiale ; permettant une compression sur des surfaces larges du tibia favorisant la consolidation.

Les inconvénients possibles comprennent une plus grande distorsion épiphyso-diaphysaire, compliquant une arthroplastie totale du genou ultérieure si nécessaire. Cependant, elle reste une procédure utile dans l'arsenal thérapeutique du chirurgien du genou.

Tableau 60 Résultats fonctionnels des OTVF dans la littérature.

Auteurs	Année	Nombre patients	HSS bons à très bons		
			<5 ans	10 ans	15 ans
Insall	1984	88	85%	/	63 %
Hernigou[153]	1987	93	90%	45 %	/
SOFCOT	1991	203	78%	/	/
Coventry[228]	1993	87	89%	75 %	/
Lootvoet	1993	193	/	71 %	/
Rinonapoli	1998	102	/	74 %	46%
Jenny	1998	111	/	67%	46 %
Naudie	1999	70	/	51 %	39 %
Sprenger	2003	76	80%	70 %	52 %
Flecher	2007	301	%	/	77 %
Efe	2011	99	70%	/	/
Mathieu	2012	45	90%	75 %	/
Ghadi HCA	2015	50	88%	/	/
Tebibe HCA	2023	35	100%	/	/
HMRUC	2023	38	100 %		

3). Séries comparant les deux techniques OTVO et OTVF:

Les séries comparant les deux techniques sont peu nombreuses. (**Tableau 61**)

Néanmoins, il est également évident que les résultats se détériorent progressivement avec le temps. Certaines conditions sont liées à des mauvais résultats : destruction articulaire sévère (III ou plus selon à la classification Ahlbäck) , hypocorrection ou hypercorrection , âge avancé , arthrose fémoropatellaire , sensiblement diminuée amplitude de mouvement , méniscectomies , instabilité articulaire , perte de correction et poussée tibiale . Par contre un léger valgus la correction est associée à de meilleurs résultats. L'indice de masse corporelle est un facteur controversé. Des résultats bons à excellents ont été rapportés pour les OTVO et OTVF. En cas d'ostéotomie en coin ouvert, les techniques de fixation et d'augmentation les plus fiables sont encore controversés. Les standards de référence semblent être plaques verrouillées et greffe osseuse autologue.

JD Harris, R McNeilan[210] : ont cherché à déterminer le taux de survie et les résultats cliniques d'OTV avec ou sans chirurgie du cartilage articulaire et ou transplantation d'allogreffe méniscale chez les patients présentant une pathologie chondrale du compartiment médial, un désalignement en varus et/ou un déficit méniscale, s'il existe une différence de survie ou de résultat clinique entre ces cohortes de patients, et s'il existe une différence entre les techniques d'ouverture (OTVO) et de

fermeture (OTVF). Après deux ans de suivi, la survie était significativement plus élevée après OTVO (98,7 %) qu'après OTVF (96,7 %), il n'y avait pas de différence de survie significative entre les techniques.

Naudie D et Bourne [208] ont analysés rétrospectivement les résultats à long terme des ostéotomies tibiales hautes de valgisation ouverte et fermée. Sur 71 patients, 54 (76 %) étaient disponibles pour l'étude. Les taux de survie et l'influence du type d'ostéotomie ont été étudiés. La survie à l'ostéotomie était de 98 % à 5 ans, 92 % à 10 ans et 71 % à 15 ans. La comparaison entre l'OTVO et OTVF n'a montré aucune différence significative en termes de survie et de résultat du score.

Dubran G. Lecerf [197] : Les ostéotomies de valgisation tibiales ont-elles de meilleurs résultats lorsqu'elles sont réalisées par fermeture externe ou par ouverture interne ? Sur une analyse des résultats de la série (113 OTVF comparées à 51 OTVO). Au recul de plus de 10 ans. Les résultats de la série, et de la littérature, ont permis de conclure qu'avec **l'ouverture ou la fermeture les résultats cliniques sont identiques**. Dans les deux techniques, les résultats sont bons à plus de 10 ans de recul. Il existe dans les deux cas une tendance à l'hypocorrection. La fermeture augmente le risque de complication nerveuse. L'ouverture nécessite une ostéosynthèse stable. L'ostéotomie tibiale de valgisation est une intervention satisfaisante qui garde sa place dans l'arsenal thérapeutique des gonarthroses fémoro-tibiales internes avec un taux de survie de 85 % à dix ans de recul.

Kohn et M. Sauerschnig [187] ont évalués le facteur âge dans la prédiction du résultat fonctionnel après OTV, avec une hypothèse que l'OTV conduisait à des résultats égaux dans le traitement de gonarthrose sur genu varum quel que soit l'âge du patient. On conclut que l'OTV est une procédure efficace pour le traitement de la gonarthrose médiale quel que soit l'âge du patient. En conséquence, l'âge du patient ne doit pas être pris en considération pour l'indication d'une OTV avec niveau de preuve III.

Dong Fu [233] en 2013 a publié une méta-analyse réalisée sur 11 études après avoir exclu 169 (étude non comparative ; source non originale ; méta-analyse), il a bien détaillé les avantages et les inconvénients de chaque technique en terme de résultats fonctionnel et le taux de révision (PTG), il découvre que ces options thérapeutiques doivent être bien considérées pour chaque patient (âge ; mobilité ; niveau d'activité quotidienne ; stade de l'arthrose) et il rajoute qu'avec une indication idéale les deux options sont satisfaisantes et pas de supériorité de l'une sur l'autre.

Michel P.J. van den Bekerom [234] : une étude de cohorte prospective a comparé Ostéotomie tibiale de valgisation tibiale ouverture interne et fermeture externe sur 40 patients souffrant d'arthrose médiale du genou et une déformation en varus. Le suivi moyen était de 11 mois. Le taux de complications chez les patients traités par la technique du coin d'ouverture était significativement

plus élevé concernant la pseudarthrose tibiale, la perte de correction et la défaillance matérielle. Les patients du groupe de fermeture étaient plus satisfaits du résultat postopératoire.

TK Schaefer, M Majewski [235]: sur une étude comparative des deux techniques OTVO et OTVF ont retrouvé que l'alignement frontal et sagittal après OTV à coin fermé et ouvert a été comparé radiologiquement dans une étude en paires appariées. La correction moyenne peropératoire du plan frontal (axe FT) était de $(+7,5^\circ)$ pour les OTV à coin fermé et de $(+8^\circ)$ pour les OTV à coin ouvert ; elle augmentait de $(+0,5^\circ)$ en OTV à coin fermé et diminuait de $(-0,5^\circ)$ en OTV à coin ouvert au dernier recul. En postopératoire, la pente tibiale avait diminué de $(-0,5^\circ)$ dans les OTV à coin fermé et augmenté significativement de $(+3^\circ)$ dans les OTV à coin ouvert. Les deux techniques ont corrigé efficacement et en toute sécurité la déformation en varus. Un haut degré de stabilité de la correction du plan frontal a été noté, cependant un changement significatif de la pente tibiale après OTV à coin ouvert a été observé en postopératoire. Aucune perte de correction n'ayant été constatée, elle pourrait être liée à la technique chirurgicale plutôt qu'à l'implant utilisé.

H El-Azab, A Halawa,[236] sur 110 patients ayant subi 120 ostéotomies tibiales hautes (60 à coin fermé, 60 à coin ouvert) ont été évaluées pour la pente tibiale postérieure avant et après l'opération et avant le retrait du matériel. Dans le groupe à coin fermé, la pente moyenne était de $5,7^\circ$ avant et de $2,4^\circ$ immédiatement après l'opération, et de $2,4^\circ$ avant le retrait du matériel. Dans le groupe à coin ouvert, ces valeurs étaient respectivement de $5,0^\circ$, $7,7^\circ$ et $8,1^\circ$, lorsqu'elles étaient stabilisées avec une plaque non verrouillable, et de $7,7^\circ$, $9,4^\circ$ et $9,1^\circ$, lorsqu'il est stabilisé avec une plaque de verrouillage. La réduction de la pente $(-2,7^\circ)$ dans le groupe à coin fermé et l'augmentation $(+2,5^\circ)$ dans le groupe à coin ouvert étaient significativement différentes avant et après l'opération ($p = 0,002$, $p = 0,003$). Il n'y avait pas de corrélation entre le degré de correction dans le plan frontal et le changement de pente postopératoire.

La pente tibiale postérieure diminue après une ostéotomie tibiale haute à coin fermé et augmente après une procédure à coin ouvert en raison de la géométrie du tibia proximal. Les variations de pente sont stables dans le temps, mettant l'accent sur l'influence du geste opératoire plutôt que sur celle de l'implant.

RW Brouwer, SMA Bierma-Zeinstra [237]:

Un essai prospectif, randomisé et contrôlé a comparé deux techniques différentes d'ostéotomie tibiale OTVF ou OTVO, stabilisée par une plaque de Puudu. L'évolution clinique et les résultats radiologiques ont été examinés à un an.

Le critère de jugement principal était l'obtention d'une surcorrection du valgus de 4° . Les critères de jugement secondaires étaient la gravité de la douleur (échelle visuelle analogique), la fonction du genou (score de l'Hospital for Special Surgery) et la distance de marche. On conclut que

l'ostéotomie de fermeture permet une correction plus précise avec moins de morbidité, bien que les deux techniques aient amélioré la fonction du genou un an après l'intervention.

S Hoell, J Suttmoeller [238]: sur 108 patients atteints de gonarthrose sur genu varum ont été traités par ostéotomie de valgisation tibiale en 2001. Cinquante et un patients ont reçu une ostéotomie à coin ouvert en utilisant la plaque « Puddu » et 57 patients ont reçu une ostéotomie à coin de fermeture de type Coventry. Pour les deux groupes, la période d'examen de suivi était de 22,5 mois (253 à 1 009 jours). Les deux méthodes ont obtenu des résultats sûrs et reproductibles pour la correction compte tenu des différentes techniques opératoires. Il n'y avait aucune différence de résultat entre les deux méthodes. Des résultats satisfaisants ont également été obtenus pour les arthroses précoces du compartiment fémoropatellaire et latéral.

TM van Raaij, RW Brouwer [221]: une étude sur 92 patients ont subi une OTV par technique OTVF ou OTVO, l'objectif était d'obtenir une correction de 4 ° au-delà du valgus physiologique. Rétrospectivement, ils ont évalué l'effet radiographique à 1 an d'une fracture corticale opposée. La fracture de la corticale opposée est plus fréquente pour la technique du coin de fermeture latérale. La perturbation du cortex médial n'a cependant pas de conséquences majeures et n'entraîne généralement pas de désalignement. Les fractures du cortex latéral dans la technique d'ouverture médiale, avec l'utilisation d'une plaque stable non angulaire, conduisent plus souvent à un désalignement en varus.

G Magyar, S Toksvig-Larsen [239]: une étude menée sur 33 patients (22 hommes), d'âge médian 54 (40-68) ans, présentant une gonarthrose médiale de grades 1 à 3, ont été traités par OTVF (n 16) ou OTVO (n 19) avec fixation par plaque interne ou avec plâtre. Les patients ont été étudiés par RSA (analyse radio-stéréométrique) pour mesurer les changements 3D de la correction obtenue, Il existe un problème méthodologique dans la comparaison des deux techniques, car le temps de fixation diffère et les moments de comparaison entre les groupes ne sont pas évidents.

Schuster et al. En 2018 [222] publient les premiers résultats à long terme d'une série de 79 OTV fixées par plaque verrouillée. Ils retrouvaient de bons résultats de survie malgré une relative normocorrection de leurs OTV (angle HKA postopératoire $180,6 \pm 2,7^\circ$).

EK Song, JK Seon [240]: ont comparé l'incidence et la gravité des complications pendant et après OTVF et OTVO utilisée pour le traitement de gonarthrose sur genu varum, et identifié les facteurs de risque associés au développement de complications. Au total, **104** patients ont subi une (OTVF) et **90** (OTVO) entre janvier 1993 et décembre 2006, Le score moyen de HSS dans les groupes de fermeture et d'ouverture s'est amélioré de 73,4 (54 à 86) à 91,8 (81 à 100) OTVF et de 73,8 (56 à 88) à **93** (84 à 100) OTVO, respectivement. L'incidence des complications globales et des

complications majeures dans les deux groupes n'était pas significativement différente ($p = 0,20$ complication globale, $p = 0,29$ complication majeure). Une analyse de régression logistique ajustée à l'obésité et à l'axe mécanique préopératoire a montré que l'obésité restait un facteur de risque indépendant significatif (odds ratio = 3,23) de complication majeure après ostéotomie tibiale haute. Ces résultats suggèrent que l'OTVO peut être une option thérapeutique alternative pour les jeunes patients souffrant d'arthrose du compartiment médial et de déformation en varus.

T. Woodacre, M. Ricketts [241]: une étude rétrospective de patients locaux ayant subi une OTVO pour des arthroses du genou du compartiment médial de 1997 à 2013. Ils ont analysé la survie et les taux des complications et les comparés à une revue de la littérature 115 patients répondaient aux critères d'inclusion. Suivi moyen = 8,4 ans. Âge moyen = 47 ans (32 - 62 ans). Indice de masse corporelle (IMC) moyen = 29,1 (20,3 à 40,2). (pas de différences d'âge/sexe/IMC).

Taux de survie à 5 ans (sans nécessiter de PTG) = 80 %. Complication globale taux = 31%, 25% des patients ont souffert de 36 complications, dont une blessure mineure. Infections (9,6%), infections majeures des plaies (3,5%), irritation de la métallurgie nécessitant le retrait de la plaque (sept pour cent), pseudarthrose nécessitant une révision (4,3%), lésion vasculaire (1,7%), syndrome des loges (0,9 %) et d'autres complications mineures (4%). Aucune complication thromboembolique n'a été observé. Il n'existait aucune différence significative dans les taux de complications après l'OTVO par rapport à IMC, type d'implant, type de greffe osseuse utilisée ou âge du patient au moment de l'intervention chirurgicale.

Lorsque les complications de l'OTVO ont été analysées de près, elles semblent plus élevées que celles signalées précédemment. Dans la littérature, cependant, les complications graves semblent rares.

Smith [242] étude consiste à comparer les résultats cliniques et radiologiques, et les complications des patients après une OTVO par rapport à une OTVF. Une systématique un examen a été entrepris des bases de données de littérature publiées et non publiées depuis leur création jusqu'en mai 2010. Douze articles rapportant 09 essais cliniques se sont révélés appropriés pour une méta-analyse comparant 324 OTVO à 318 OTVF. Il n'y avait aucune différence dans l'incidence de l'infection, thrombose veineuse, paralysie du nerf péronier, pseudarthrose ou révision d'arthroplastie du genou. Il y avait cependant une pente tibiale postérieure et un angle de correction moyen significativement plus importants, une hauteur rotulienne réduite et l'angle HKA après OTVO. Aucune différence significative n'a été trouvée pour tout résultat clinique, y compris la douleur, le score fonctionnel ou les complications.

Descamps[243], Mathew ,Langlais [85]réservent cette ostéotomie à la gonarthrose sur genu varum primitif ou secondaire et la déconseillent pour l'origine inflammatoire ou métabolique vue l'atteinte tricompartmentale.

Lootvoet [231] dans sa série de 193 cas, a noté 70% de genu varum primitif.

Notre étude se distingue par sa méthodologie rigoureuse et son approche comparative avec la littérature existante sur les scores "classiques". En effet, elle est prospective, randomisée et réalisée par le même opérateur pour les deux techniques, dans un seul centre, sur un échantillon de patients homogène présentant des caractéristiques démographiques, cliniques et radiologiques similaires (âge, sexe, mobilité, niveau d'activité quotidienne, stade de l'arthrose, etc.). De plus, nous avons utilisé des scores de mesures modernes (HSS, KOOS et Oxford) plus discriminatifs pour étudier le genou dégénératif. Ces éléments renforcent la fiabilité et la pertinence de nos résultats.

Nos résultats aux différents scores fonctionnels sont comparables à la littérature avec 100% des bons et très bons résultats au score HSS pour les deux techniques OTVO et OTVF, 100 % au score KOOS des bons et très bons résultats pour les deux groupes et 100 % au score OXFORD des bons et des excellents résultats pour les deux techniques. La mobilité en flexion est supérieure à 120° chez 100 % des patients au dernier recul, ainsi qu'une amélioration importante aux scores de Devane et de Charnley.

Nous n'avons pas trouvé une différence nette statistiquement significative entre les deux techniques OTVO et OTVF pour les scores HSS, OXFORD et KOOS douleur, symptôme-raideur et qualité de vie.

Tableau 61 : Résultats fonctionnels des OTVO vs OTVF dans la littérature.

Auteurs	Année	Etude	N°	Reculé /Taux du survie	Type /Survie Fonction bon/excellent
Harris	2012	Rétrospective Méta-analyse	4557	15 ans 98,7 % (2ans)	OTVO 89,9% OTVF 91,8%
Naudi	1999	Rétrospective	71	15 ans 98% (5ans)	OTVO 85 % OTVF 84%
Hoell	2001	Rétrospective	51 OTVO 57 OTVF	10-15 ans	89 % OTVF
Hernigou Ph[217]	2001	Rétrospective	245	20 ans	90 % OTVF
Schuster	2018	Prospective	75	2-5 ans	87 % OTVF
Van Raaij	2008	Prospective	92 OTVO 92 OTVF	10 ans	89 % OTVF
Dong fou	2013	Rétrospective	169	10 ans	89 % OTVF-OTVO
Dubrana	2008	Rétrospective	113 OTVF	10 ans (85 %)	88 % OTVF-OTVO
Magyar	1999	Rétrospective	25 OTVO 25 OTVF	10-15 ans	87% OTVF-OTVO
EK Song, JK Seon	2007	Rétrospective	104 OTVF	10 ans	89 % OTVF-OTVO
H El-Azab	2008	Rétrospective	60 OTVO 60 OTVF	10 ans	88 % OTVF-OTVO
Goutallier	1986	Rétrospective	50 OTVO	10 ans	87,8 % OTVF
Woon-Hwa jun	2013	Rétrospective	186	2 -5 ans	OTVO 95,2 % OTVF 92 %
Pannell	2019	Méta-analyse	1576	10 ans	89 % OTVF-OTVO
Ghadi HCA	2015	Prospective	50 OTVF 50 PTG	2-3 ans	OTVF 96 % PTG 98%
Tebibe HCA	2023	Prospective	OTVF 35 PUC 35	2-3 ans	OTVF 100% PUC 97 %
HMRUC	2023	Prospective	OTVO,38 OTVF,38	2-3 ans	OTVO 100 % OTVF 100 %

3). Analyse des taux de survie :

3.1. Taux de survie des ostéotomies tibiale de valgisation : (Tableau 62)

Insall [229], en 1984, retrouve un taux de survie de 76 % à 10 ans de recul. La revue de la littérature des années 90 retrouve des résultats identiques [244-246].

Les résultats à 5 ans sont très bons mais une dégradation s'observe avec le temps . Elle commence à partir de la septième année pour **Hernigou [153]**. **Jenny [86]**, dans une analyse de survie à long terme, explique cette dégradation par des indications mal réfléchies de l'ostéotomie. **Naudie[208]** , avec seulement un tiers de patients non repris par PTG a plus de 20 ans, confirme les résultats de **Jenny(28)**.

Tableau 62 : Taux de survie des OTV dans la littérature.

Auteurs	Année	Nombre	Recul (années)	Type d'OTV	Survie			
					2- 5 ans	à 10 ans	à 15 ans	à 20 ans
Insall	1984	88	9	OTVF	-	76 %	-	-
Hernigou	1987	93	11	OTVO	-	82 %	-	-
SOFCOT	1991	203	5	OTVF	89 %	-	-	-
Coventry	1993	87	10	OTVF	89 %	75 %	-	-
Lootvoet	1993	193	8	OTVF	93 %	-	-	-
Rinonapoli	1998	60	10	OTVF	-	89 %	-	-
Jenny	1998	111	15	Curviplane	78 %	67 %	46 %	-
Naudie	1999	70	10	OTVF	-	51 %	39 %	-
Sprenger	2003	76	10	OTVF	-	74 %	51 %	-
Flecher	2007	301	18	OTVF	95 %	93 %	90 %	85 %
Efe	2011	199	10	OTVF	93 %	84 %	-	-
Hui	2011			OTVF	95 %	79 %	56 %	-
Schallberger	2011	71	16	OTVF	98 %	92 %	71%	-
Limoges	2012	45	10	OTVF	95 %	90 %	-	-
Ghadi HCA	2015	50	2-3	OTVF	88%	-	-	-
Tebibe HCA	2023	35	2-3	OTVF	100%	-	-	-
HMRUC	2023	76	2-3	OTVO OTVF	100 %	-	-	-

En 2007, **Flecher [216]** explique ses très bons taux de survie par une sélection très stricte des patients. **Schallberger [247]** en 2011, sur une étude rétrospective de 71 patients à 16 ans de recul, retrouve de très bons résultats avec un taux de survie de plus de 98% à 5 ans et 71 % à 15 ans. **Hui [215]** retrouve également de bons résultats et recommande l'OTV.

Khoshbin et al. [201] ont constaté une diminution de taux du survie après 10 ans dans leur étude de 2671 OTV. Ces données confirment les résultats des travaux de **Dimech et al. [248]**

3.2. Taux de survie des séries comparatives (Tableau 63)

Kim et al.[213] Dans leur méta-analyse (35) ont inclus les résultats de **23 études** afin de comparer la survie d'OTV de fermeture latérale et d'ouverture médiale. Il n'y avait pas de différence de survie a 5 ans, en revanche la probabilité de survie était statistiquement supérieure pour les ouvertures médiales a un recul de 10 ans. **Duivenvoorden et al[204]**. Dans une étude comparative, retrouvaient une différence significative en terme de survie a **10 ans** selon le type d'OTV réalisée avec une probabilité de survie a 10 ans de **90%** pour les **ouvertures** médiales contre **75%** pour les **fermetures** latérales.

Flécher et al. (39) ont montré qu'une arthrose de stade supérieur à 2 (selon Ahlbäck) était associée à un risque majeure d'échec d'OTV dans une étude rétrospective de 301 OTV à un recul moyen de 18 ans ,ils ont conclu qu'un valgus postopératoire de plus de 6° était un facteur favorable sur la survie des OTV. **Van Raaij et al. (46)** retenaient un stade d'Ahlback limite à 1. **Odenbring et al. (53)** retrouvaient de meilleurs résultats pour les patients Normo ou hypercorrigés.

Dans la série de la SOO de 2007, **Dubrana et al [128]**:Ils ont montré qu'un angle HKA inférieur à 183° était un facteur de mauvais pronostic. Il semblerait donc que l'hypocorrection soit un facteur délétère et à éviter. D'autres auteurs, ont montré que la survie était augmentée pour des corrections plus importantes.

Bonasia et al. [200] ont montré que le risque d'échec des OTV était 5 fois supérieur chez les patients de plus de 56 ans.

Pannell et al. [214] concluaient que le sexe féminin était associé à une augmentation de 38% du risque de reprise par PTG.

Efe et al. [183] ,**Bonasia et al.[200]**ont retrouvé que les antécédents chirurgicaux du genou concerne, notamment méniscectomie, n'étaient pas des facteurs de risque d'échec.

Khosbin et al. [201]retrouvaient quant à eux qu'un antécédent de méniscectomie était un facteur péjoratif sur la survie des OTV.

Les résultats les plus fréquemment rapportés concernent l'ostéotomie tibiale proximale (ouverture médiale ou fermeture latérale) utilisée dans le traitement de l'arthrose du compartiment médial. Une revue systématique récente a mis en évidence des taux de survie à 5, 10, 15 et 20 ans compris entre 86 à 100 %,64 à 97,6 %, 44 à 93,2 % et 46 à 85,1 %[249] .

Tableau 63 : Survie des OTV dans la littérature (‡ valeur la plus faible ; * valeur la plus élevée)

Auteur	Étude	Effectif	2-3 ans	5 ans	10 ans	15 ans	20 ans
Yoon	Base donnée	452 724		91,5%*			
Harris	Méta-analyse	4557	92,4%	84,5%		77,3%	72,3%
Niinimäki	Registre national	3195	89%	73%			
W-Dahl	Registre national	3161		70%			
Khoshbin	Base donnée	2671		67%			
Kim	Méta-analyse	2662	95,1%	91,6%			
Pannell	Base donnée	1576	80%	56%			
Hui	Rétrospective	413	95%	79%		56%	
Duivenvoorden	Rétrospective	412		75-90%			
Flecher	Rétrospective	372	94,8%	92,8%		89,7%	85,1%*
Hernigou	Rétrospective	245	94%	85%		68%	
Van Wulfften	Rétrospective	223		75%		55%	<40%
Dubrana (SOO)	Rétrospective	214	92%	85%			
Efe	Rétrospective	199	93%	84%		68%	
Akizuki	Prospective	159	99,3%*	97,6%*		90,4%	
Gstöttner	Rétrospective	134	94%	80%		65,5%	
Saragaglia	Prospective	124	88,5%	74%			
CHU CAEN	Rétrospective	117	88,7%	77,6%	70,2%		
Keenan	Rétrospective	106	84%	65%		55%	
Naudie	Rétrospective	106	73%‡	51%‡		39%‡	30%‡
Van Raaij	Rétrospective	99		75%			
Bonasia	Prospective	79	98,7%	75,9%‡			
Schuster	Prospective	75		81,7%			
Koshino	Rétrospective	67	97,8%	96,2%		93,2%*	
Tang	Rétrospective	50	89,5%	74,7%		66,9%	
Ghadi HCA	Prospective	50	88%	/		/	/
Tebibe HCA	Prospective	35	100%	/		/	/
HMRUC	Prospective	76	100 %			/	/

L'arthroplastie uni-condylienne du genou (PUC) est un traitement alternatif qui gagne en popularité. Les résultats Suggèrent que les résultats sont généralement comparables entre les deux traitements[250],l'ostéotomie étant potentiellement meilleure pour les personnes Souhaitant reprendre le sport d'impact[251].

Nous avons constaté que les **OTVO** et **OTVF** constituent une méthode de traitement efficace et durable pour les maladies dégénératives unicompartimentales avec varus associé chez les patients actifs. **La survie des deux techniques** est comparable dans notre série et est associée à de faibles scores de douleur, une satisfaction élevée et des niveaux d'activité élevés des survivants.

Notre étude n'a pas mis en évidence de manière significative la supériorité d'une des deux techniques par rapport à l'autre en termes de survie, 100% des OTVO et 100 % des OTVF en rapport avec le recul (26 mois) qui est plus court par rapport aux études précédentes.

4). Les différents paramètres à considérer :

4.1 L'âge :

L'âge de 65ans constitue une limite pour beaucoup d'auteurs, dont la moyenne d'âge des sujets ayant bénéficié de ce traitement conservateur ne dépassait pas 60ans. Cependant, il n'existe pas d'âge limite au-delà duquel l'ostéotomie est vouée à l'échec :

Langlais [85] a montré qu'au-delà de 60 ans et même après 70 ans, le risque d'échec était le même à un stade d'arthrose comparable.

Lerat[113] : l'âge n'est pas à prendre en compte isolément, c'est plutôt l'espérance de vie de chaque patient quand elle est prévisible ainsi, pour les sujets dont l'espérance de vie est plus de 20 ans, l'OTV est préférable aux prothèses, car celles-ci n'ont pas encore fait preuve d'une longévité comparable, surtout avec l'usure inéluctable du polyéthylène.

Insall [229], dès 1984, recommandant la PTG d'emblée pour les patients de plus de 66 ans.

Naudie [208] pense qu'un âge supérieur à 50 ans est un facteur défavorable pour une OTV.

Sprenger [190], dans une étude de 76 cas, obtient de bons résultats dans plus de 80 % des cas et recommande l'OTV comme alternative à la PTG chez les personnes âgées de moins de 60 ans.

Pour **Flecher[216]** , un âge supérieur à 50 ans, est corrélé à un plus grand taux de révision d'OTV.

Stukenborg [252] arrive à la même conclusion et conseille l'ostéotomie après 60 ans.

Hui , dans sa série à très long terme, met en évidence de manière significative qu'un âge inférieur à 50 ans est un facteur de bon pronostic pour la survie d'une OTV.

Cartier [122] retient comme indication idéale pour l'OTV une limite d'âge de 60 ans pour les hommes et 50-55 ans pour les femmes.

En revanche, la **SOFCOT [197]** dans sa série d'OTV de 2008 ne constate aucune corrélation entre le résultat de l'ostéotomie et l'âge des patients au moment de l'intervention.

Segal [114] montre qu'après 60 ans et même après 70 ans le risque d'échec est le même à stade d'arthrose comparable.

Pour **Lootvoet [231]** la notion de limite d'âge doit être pondérée en fonction de l'activité du patient et de l'usure préopératoire du compartiment interne.

Ghadi [225] dans une étude mène en 2017 OTVF vs PTG pour gonarthrose stade III a conclu , même si le recul n'est pas très important. Il n'y pas de corrélation entre l'âge et le résultat de l'ostéotomie, avec un nombre important de patients âgés de plus de 65 ans, dont une partie plus de 70 ans avec des résultats comparables à ceux de la prothèse totale de genou

Dans notre étude : on a constaté que les meilleurs résultats des OTVO et des OTVF s'observent chez les patients entre (50-65) ans, avec **des bons et très bons résultats** ; **65,52%** pour le groupe OTVO, et **70%** pour le groupe OTVF.

Notre étude n'a pas mis en évidence de manière significative la supériorité d'une des deux techniques par rapport à l'autre. Cependant la tendance des scores nous pousse à recommander l'OTVO et OTVF chez les sujets, de moins de 65 ans.

4.2 L'indice de masse corporelle :

Bonasia et al[200]. Un IMC supérieur à 30 kg/m² était associé à un risque 10 fois supérieur d'échec après OTV.

Naudie [208] met en évidence qu'un IMC supérieur à 25, est un facteur de mauvais pronostic avant OTV.

Belin [63] en 2008, avec 82 % des patients de sa série en surpoids ne retrouve pas de corrélation entre obésité et résultats final de l'ostéotomie. **Mathieu [120]** en 2012 fait le même constat ne retrouvant pas d'influence du poids sur la survie et les résultats de l'ostéotomie

Hui [215], en 2011 met en évidence de manière significative qu'un IMC inférieur à 25 est un facteur de bon pronostic pour la survie d'une OTV.

Coventry[228] [1] a conclu qu'il y avait un risque considérable d'échec d'ostéotomie chez les sujets très obèses.

Des études de cohorte ont apporté la preuve que la surcharge pondérale augmente significativement le risque de développement ultérieur d'une gonarthrose, en particulier dans sa forme bilatérale et, plus fréquemment, chez la femme. Le risque de gonarthrose est majoré de 15 % pour chaque augmentation d'unité d'Indice de Masse Corporelle.

Dans une étude, portant sur 327 arthroses fémorotibiale, internes sur genu varum arrivées au stade chirurgical (moyenne d'âge 60 ans) seulement 10 % ont un poids normal, 42 % sont en surpoids et 48 % sont obèses.

La littérature est contradictoire quant à l'effet de l'IMC sur le résultat de l'ostéotomie [249]. La perte de poids doit être discutée dans le cadre de la prise en charge conservatrice préopératoire et à nouveau avant toute intervention chirurgicale. Il y a un risque d'échec de la fixation à court terme et de la survie à long terme, mais ne considère pas un IMC > 30 comme une contre-indication absolue à l'ostéotomie

Dans notre série des OTVO, 79% des patients étaient en surpoids, 10,6 % présentaient une obésité modérée. Cependant les scores fonctionnels obtenus étaient bons ou excellents, dans le groupe OTVF, 71% des patients étaient en surpoids, 18,4% ont une obésité modérée, cependant les scores fonctionnels obtenus étaient bons ou excellents. Dans notre étude les résultats fonctionnels aux différents scores ne semblent pas être influencés par le poids, avec des résultats indépendants de l'indice de masse corporelle.

Nous reconnaissons que, malgré les résultats fonctionnels bons ou excellents, le taux de survie chez ces patients est médiocre.

Notre étude ne retrouvait pas de dégradation des résultats fonctionnels qui peut être corrélée à l'augmentation de l'indice de masse corporelle pour les deux groupes OTVO et OTVF.

4.3 La mobilité articulaire :

La mobilité semble être modifiée par les deux techniques. Elle présentait une moyenne préopératoire de 98,68° pour les OTVO et 99,60° pour les OTVF.

En postopératoire la flexion moyenne passe à 120,39° pour les OTVO et à 120,66° pour les OTVF, avec une nette amélioration de la mobilité articulaire en postopératoire.

Belin[63] dans son étude ne trouve pas de différence significative entre la mobilité moyenne préopératoire et post opératoire. Ses résultats sont similaires à ceux de la littérature **Coventry[228]**, **Insall [229]**.

Catonné [253] dans sa série de 224 genoux, tous ses malades ont retrouvé leurs amplitudes articulaires préopératoires.

Pour **d'autres auteurs**, l'ostéotomie tibiale n'est pas une intervention mobilisatrice ; la mobilité demeure approximativement inchangée ou légèrement modifiée en postopératoire.

Bové[254] Dans sa série a retrouvé que la récupération de la mobilité articulaire en flexion post- opératoire était de 125°.

Stukenborg [252] et **Ivarson [244]** ne retrouvent pas de grande modification avec une flexion

moyenne qui reste identique respectivement à 103° pour le premier et 112° pour le second.

Borjesson [255] en 2004, note une amélioration importante avec une mobilité moyenne en flexion qui passe de 105° en préopératoire, à 123° en postopératoire.

Chez les patients ayants bénéficié d'une ostéotomie de valgisation tibiale par addition interne OTVO ou OTVF, les amplitudes de départ en préopératoire n'étaient pas satisfaisantes avec 2 patients, gardant une flexion de plus de 110°. L'amélioration postopératoire est nette avec 100% de patients ayant une flexion supérieure à 120°.

Dans notre série, chez les patients ayants bénéficié d'une OTVF on note un gain d'amplitude significatif, avec en préopératoire seulement 3% des patients qui ont une flexion supérieure à 110°, contre 100% au dernier recul.

4.4 L'évolution arthrosique

La quantification de l'arthrose est un élément primordial pour déterminer le choix thérapeutique. Toutes les études montrent qu'une arthrose évoluée (supérieur à Ahlbäck 3) générera une dégradation rapide de l'OTV avec de mauvais résultats. (**Tableau 64**)

Pour **Flecher [216]**, un stade d'Ahlbäck supérieur à 3 est un facteur de mauvais pronostic pour les OTV.

Jenny et al.[86] retrouvent un taux d'échec multiplié par deux si le pincement fémoro-tibial médial préopératoire est supérieur à 50 % ; il n'y a aucune influence sur le taux de l'intervention itérative.

Lootvoet [231] fait les mêmes constatations avec 84 % de bons résultats lorsque l'interligne médial est supérieur à 50 %, et 60 % de bons résultats lorsqu'il est inférieur à 50 %.

Lecerf [61] retrouve un taux de survie de **89 % à dix ans** si le critère d'échec est la réintervention et de 81 % si on considère la réapparition des douleurs.

Argenson [216] en 2002, dans une étude sur 194 hommes et 119 femmes, L'âge moyen était de 42 ans (15-76 ans), 43 genoux (**14 %**) chez 39 patients ont été **repris** pour progression de l'arthrose à **102 mois** en moyenne. La survie était de **85 % à 20 ans** avec comme critère de jugement la révision. La fonction du genou était jugée satisfaisante par **77 %** des patients. Au dernier recul, la moitié des genoux présentaient des signes radiographiques d'arthrose médiale. Les facteurs de risque les plus importants prédictifs de révision étaient un âge supérieur à 50 ans et une Arthrose préopératoire de grade **Ahlback III** ou plus. Comme en 2004 .

Tableau 64 : Répartition selon le stade d'Ahlback des différentes séries :

Séries	Stade I	Stade II	Stade III
J-C Bové	/	90,5%	0,5 %
T. Brosset	/	86%	14%
Goutallier	44%	43%	13%
F. Lavallé	4,5%	91%	45%
Dubrana	42%	27%	31%
Ghadi HCA	0	0	100%
Tebibe HCA	0	17,10%	82,90%
HMRUC	0	26,3%	73,7%

Dans l'étude de **Stukenborg [252]**, les genoux bénéficiant d'une OTV sont moins usés que ceux traités par héli-arthroplastie.

Mais pour **Kaper [171]**, l'ostéotomie de valgisation peut conduire à de bons résultats même dans les stades d'arthroses évoluées.

Le débat reste encore plus délicat chez les sujets âgés souffrant d'une arthrose très évoluée comme le souligne **Cartier [122]**. Une OTV est inenvisageable chez cette population.

Ghadi [225] les résultats obtenus par l'OTVF pour gonarthrose sur genu varum au stade III d'Ahlback sont au moins équivalents à ceux obtenus par les PTG aussi bien sur le plan fonctionnel que mécanique. Il en découle que les résultats des ostéotomies de soustraction tibiale obtiennent des meilleurs résultats au dernier recul avec 88% de très bons résultats au score HSS contre 76% pour les prothèses totales de genou. On note 92% de très bons résultats au score IKS genou pour les ostéotomies, contre 76% pour les prothèses. Même au score IKS fonction, les ostéotomies présentent un score de 58%, contre seulement 12% pour les prothèses.

Tebibe [226] Les OTVF doivent être réservées aux sujets jeunes (<60 ans) avec une demande fonctionnelle importante et les PUC aux personnes plus âgées (>60 ans). L'arthrose de stade I-II est plus adaptée aux OTV et le stade III aux PUC.

Dans notre étude, les meilleurs résultats comparés aux scores fonctionnels des OTVO et OTVF s'observent pour les arthroses Ahlbäck 3.

Il existe une différence statistiquement significative entre les patients opérés d'une arthrose stade II et stade III, pour les deux groupes (OTVO et OTVF) ($p < 0,05$),

Notre étude a montré une différence significative dans le groupe OTVO et OTVF entre les patients opérés d'une arthrose stade II et ceux opérés d'une arthrose stade III aux scores fonctionnels ($p = 0,005$, $p < 0,05$).

4.5 La fémoro-patellaire

Goutallier[87] a montré que l'aspect radiologique de l'articulation fémoro-patellaire n'était pas influencé par l'ostéotomie tibiale et que la plupart des signes de souffrance rotulienne avaient disparus ou se sont améliorés.

Lerat[113], Lootvoet[2 3 1] . Constatent que très souvent une arthrose fémoro-patellaire associée à l'arthrose fémoro-tibiale bénéficie d'un geste thérapeutique adjuvant à l'ostéotomie , il s'agit d'une résection de l'aileron rotulien externe, d'un avancement ou d'une transposition de la tubérosité tibiale tel que l'avait décrit **Olivier[62]**.

Dohin [108] ne note pas d'aggravation de la symptomatologie fémoro-patellaire après réalisation d'une OTV.

Dans notre étude, il n'y a pas de différence significative concernant l'atteinte initiale du compartiment fémoro-patellaire entre les deux groupes. ($P > 0,05$).

On n'a pas retrouvé de complications au niveau fémoro-patellaire dans notre série, nous pensons que l'atteinte fémoro-patellaire radiographique modérée ne constitue pas une contre-indication absolue à l'OTVO ou l'OTVF si elle n'est pas symptomatique.

4.6 Considérations sur la correction des OTV :

Schuster at al. [222] publient les premiers résultats à long terme d'une série de 79 OTV fixées par plaque verrouillée, retrouve que l'angle ATM postopératoire supérieur à 95° était significativement associé à de mauvais résultats du score International Knee Documentation Committee (IKDC) subjectif. La même année,

Akamatsu et al. [256] ont montré qu'avec un angle tibial mécanique postopératoire ATm supérieur à 95° , l'obliquité de l'interligne articulaire était significativement majorée et les résultats fonctionnels étaient moins bons (score Genou de l'AKSS et score Sport et Loisirs du Score Knee injury Osteoarthritis Outcome [KOOS]). Il semble donc que des modifications majeures de l'anatomie du tibia (angle MTPA supérieur à 95°) soient cliniquement mal tolérées.

Par ailleurs, il serait préférable d'éviter un valgus tibial supérieur à 5° qui entrainerait une modification majeure de l'anatomie du tibia proximal mal tolérée cliniquement et qui rendrait complexe la future PTG .

Miller et al En 2009, [71]ont retrouvé un lien statistique entre l'IMC et la perte de correction à un recul d'un an.

Giuseffi et al [257]. concluaient que le sexe féminin était associé à un risque statistiquement plus élevé de perte de correction, tandis que l'IMC n'influçait pas la perte de correction. Plusieurs auteurs ont montré une perte de correction significativement inférieure des OTV fixées par plaque verrouillée en comparaison à des plaques non verrouillées .

Certains auteurs [221] ont montré le lien entre la survenue d'une fracture de charnière et la perte de correction .

Jenny[86] met en évidence qu'une déformation dégénérative supérieure à 3 degrés a conduit à un taux d'échec de 62 % après 13 ans, alors qu'une déformation inférieure a conduit à un taux d'échec au même recul de 29 % seulement. L'importance de la déformation constitutionnelle n'a pas eu dans son étude d'influence significative sur les taux d'échec ou de réintervention lorsqu'elle était étudiée de manière isolée. Néanmoins son étude couplée avec la déformation dégénérative lui permet de définir la population idéale pour une ostéotomie tibiale de valgisation, avec un taux de survie de 100 % après 13 ans : il s'agit de patients avec un pincement fémoro-tibial médial ne dépassant pas 50 % de la hauteur de l'interligne sain et une déformation constitutionnelle supérieure à 5°.

Lootvoet [231] fait les mêmes constatations sur le varus épiphysaire et souligne les moins bons résultats obtenus lorsque la déformation initiale est supérieure à 10°.

Pour **Huang (512)** un varus inférieur ou égal à 9° conduira à un taux de survie à dix ans de 93 % et passe à 56 % si la déformation initiale est supérieure à 9°.

Le principal facteur de dégradation des OTV dans le temps reste l'hypocorrection selon plusieurs auteurs [107, 128, 216, 217].

Les **valgisations** comprises entre 182° et 184° obtiennent les meilleurs résultats.

De son côté, **Hernigou [230]** a bien montré l'intérêt d'une hypercorrection de 3° à 6° pour la qualité et la survie de l'ostéotomie.

Pour **Sprenger [190]** 8° à 16° de valgus anatomique conduisent à un taux de survie de 90 % à dix ans quel que soit le critère d'échec.

Amendola[163] , conseille une hypercorrection de 12° à 16° de valgus anatomique équivalent à 3° à 5° de valgus mécanique.

Aglietti [258] et **Koshino[223]** aboutissent à la même conclusion.

Il est généralement admis qu'une hypercorrection peut entraîner l'épuisement de l'OTV par une dégradation arthrosique du compartiment fémoro-tibial latéral [153]. Cette hypothèse a été confirmée par une étude biomécanique récente réalisée à partir de modèles informatiques [259] . Cette étude montrait qu'une hypercorrection entraînait des contraintes excessives et une

cinématique non physiologique du compartiment fémoro-tibial latéral. Par ailleurs, induire un valgus conséquent chez des patients qui présentaient une déformation en varus uni ou bilatérale parfois importante, pourrait être mal toléré tant sur le plan biomécanique que sur le plan esthétique.

Dans notre série : on a retrouvé en préopératoire 100 % des patients présentaient un genu varum entre (160° - 175°), l'angle HKA moyen préopératoire du groupe OTVO était à $169,16^{\circ}$ (160° - 175°), passe en postopératoire à $179,47^{\circ}$ (173° - 181°).

Celui du groupe OTVF l'angle HKA moyen était à $169,97^{\circ}$ (160 - 175) en préopératoire, passe en postopératoire à $180,16^{\circ}$ (178 - 182) .

Il existe une différence statistiquement significative entre l'angle HKA préopératoire et l'angle HKA postopératoire ($P < 0,05$), avec une différence statistiquement significative entre les deux groupes OTVO et OTVF ($p < 0,05$).

Notre étude retrouve : **71,1%** des patients dans le groupe OTVO et **78,9%** dans le groupe OTVF sont **normocorrigé**, alors que **15,8 %** dans groupe OTVO et **2,6%** dans le groupe OTVF sont **hypo-corrigé** et **13 ,5%** des OTVO ,**18,5%** des OTVF sont **hypercorrigé**. . Il n'existe pas une différence statistiquement significative entre les deux groupes OTVO et OTVF (**P > 0,05**).

L'hypocorrection constatée à la révision peut être attribuée à

-Un genu varum préopératoire important.

-Une perte de correction, cette perte de correction est de **3° à 10 ans** en moyenne (1.5°) pour **Yasuda [260]** et **Stuart** , 2.6° pour **Lootvoet [231]**, 3.5° pour **Hernigou [217]** , 3.3° pour **Rinonapoli [232]**

-**Une correction insuffisante**, les défauts de correction sont fréquents :

25 % de défaut de correction sur 93 patients **Hernigou [217]**, **19% de cas** hypo-corrigés pour **Descamps [243]**, malgré une technique rigoureuse et une ostéosynthèse par lame-plaque, **Lootvoet [231]** sur 193 patients rapporte un défaut de correction de 2.3° en moyenne pour une correction globale de 2.7° en valgus.

Dans notre étude, après analyse uni et multivariée, le sexe féminin ($p = 0,047$; $p < 0,05$) ; un IMC $>$ a 30 kg/m^2 ($P = 0,0013$; $P < 0,05$), HKA préopératoire $< 165^{\circ}$ ($p = 10^{-6}$; $p < 0,05$) ; HKA postopératoire $< 178^{\circ}$ ($p = 0,0003$, $p < 0,05$) étaient les facteurs qui augmentaient la perte de correction de manière significative dans les 2 groupes OTVO et OTVF.

Dans la littérature, l'influence de l'angle HKA postopératoire a peu été étudiée. A 10 ans de recul, Odenbring et al. [245] retrouvaient de meilleurs résultats pour les patients normo ou hypercorrigés. Dans la série de la SOO de 2007, Dubrana et al [197] montrent qu'un angle HKA **inférieur à 183°**

était un facteur de mauvais pronostic. Il semblerait donc que l'hypocorrection soit un facteur délétère et à éviter. D'autres, ont montré que la survie était augmentée pour des corrections plus importantes. **Flecher et al[216]** concluent qu'un valgus postopératoire de plus de 6° était un facteur favorable sur la survie des OTV.

Notre étude retrouvée des résultats similaires aux résultats retrouvés dans la littérature, elle ne retrouve pas de différence significative entre les deux techniques OTVO et OTVF.

4.6 La pente tibiale :

Les effets des OTV sur la pente tibiale selon la technique d'ouverture ou de fermeture sont source de controverses et les résultats publiés sont parfois contradictoires.

Lors du symposium de la **SOFCOT** de 2009, **Catonné [253]** n'a pas mis en évidence de modification de la pente tibiale entre les ouvertures et les fermetures. Dans le groupe des fermetures, la pente préopératoire était de 5,2° et de 4,5° en postopératoire, soit une diminution de 0,7° statistiquement significative.

La Prade et coll [261] ont constaté que la pente tibiale augmentée en moyenne de (4,3°) lorsque la plaque était positionnée antéro-médialement par rapport au changement plus petit de 1, lorsqu'il est placé postéro-médialement.

R. W. Brouwer et A. Bierma [237] dans une analyse de régression linéaire multivariée a été utilisée pour déterminer l'influence du type d'OTV (ouverture contre fermeture) sur la rotule postopératoire **hauteur ou inclinaison tibiale**, l'angle d'inclinaison tibiale différait significativement (différence moyenne postopératoire MH = -6,40° ; IC à 95 % -8,74 à -4,02) entre les deux techniques OTV augmentant après OTVO du coin d'ouverture et décroissant après OTVF du coin de fermeture.

Ces résultats confirment ce qui est généralement constaté dans la littérature à savoir une augmentation de la pente tibiale dans les OTV par ouverture et inversement pour les fermetures.

Cependant, contrairement à ce que rapportent de nombreux auteurs, nous avons constaté que les amplitudes de variations sont très faibles, en moyenne à 0,7° pour OTVO et 0,8° pour OTVF, ce qui ne devrait pas affecter la biomécanique du genou ni perturber une éventuelle future implantation d'une prothèse totale de genou.

Hohmann[109] retrouve lui aussi une diminution de 1° de la pente tibiale après OTV par fermeture externe. Cette modification entraîne selon **Agneskirchner [252]**, une redistribution des contraintes mécaniques fémoro-tibiales vers la partie antérieure des plateaux tibiaux.

Ducat [262], en 2012 confirme les résultats précédents en retrouvant une diminution de 1° de la pente lors des OTV de fermeture. Il conclut que l'OTVF n'entraîne pas de modification parasite de la pente.

Hohmann [109] et El-Azab [236] expliquent la diminution de la pente tibiale dans les ostéotomies par fermeture par la géométrie du tibia proximal, triangulaire à sommet antérieur. Si l'ostéotomie par fermeture n'est pas strictement latérale et perpendiculaire à l'axe anatomique, une plus grande résection osseuse se produit en avant, provoquant la diminution de la pente tibiale.

H El-Azab, A Halawa [236] sur une étude sur 110 patients ayant subi 120 ostéotomies tibiales hautes (60 à coin fermé, 60 à coin ouvert) ont été évaluées pour la pente tibiale postérieure avant et après l'opération, Dans le groupe à coin fermé, la pente moyenne était de $5,7^\circ$ (3,8) avant et de $2,4^\circ$ après l'opération, dans le groupe à coin ouvert, ces valeurs étaient respectivement de $5,0^\circ$ (3,7), et $8,1^\circ$ (ET 3,9).

La réduction de la pente ($-2,7^\circ$) dans le groupe à coin fermé et l'augmentation ($+2,5^\circ$) dans le groupe à coin ouvert étaient significativement différentes avant et après l'opération ($p = 0,002$, $p = 0,003$). Il n'y avait pas de corrélation entre le degré de correction dans le plan frontal et le changement de pente postopératoire.

La pente tibiale postérieure diminue après une ostéotomie tibiale haute à coin fermé et augmente après une procédure à coin ouvert en raison de la géométrie du tibia proximal.

Les variations de pente sont stables dans le temps, mettant l'accent sur l'influence du geste opératoire plutôt que sur celle de l'implant.

JR Giffin, TM Vogrin [263]: Déterminer les effets de l'augmentation de la pente tibiale antéro-postérieure (A-P) sur la cinématique du genou et les forces in situ dans les ligaments croisés. Les résultats suggèrent que de petites augmentations de la pente tibiale n'affectent pas les traductions A-P ou les forces in situ dans les ligaments croisés. Cependant, l'augmentation de la pente provoque un déplacement antérieur de la position tibiale de repos qui s'accroît sous les charges axiales. Ceci suggère qu'une augmentation de la pente tibiale pourrait être bénéfique pour réduire l'affaissement tibial, alors qu'une pente décroissante pourrait être protectrice dans un genou présentant un déficit en LCA

Dans notre étude on constate que :

La pente tibiale préopératoire du groupe OTVO est de $7,91^\circ$ (6° - 9°) et celle du groupe OTVF de $7,87^\circ$ (6° - 9°). La pente tibiale postopératoire moyenne du groupe OTVO est de $8,38^\circ$ (7 - 10°) et celle du groupe OTVF de $7,23^\circ$ ($5,0^\circ$ - $9,0^\circ$). Il existe une différence statistiquement significative entre le préopératoire et postopératoire ($P < 0,05$). Il y a une différence significative entre le groupe OTVO (augmentation de $+0,5^\circ$) et OTVF (réduction de $-0,6^\circ$) ($p < 0,05$). Ces changements de pente tibiale semblent très limités dans cette étude, inférieurs à 1° en moyenne. Selon la plupart des auteurs, l'OTVO entraîne une augmentation de la pente tibiale de 3° à 4° et l'OTVF entraîne une diminution de la pente tibiale de 3° à 5° .

Lerat et al. [113] ont même montré que la pente tibiale diminuait de $0,6^\circ$ dans les OTVO.

Dans notre étude nous avons retrouvé une modification de la pente en postopératoire dans le groupe OTVO (réduction ($-0,60^\circ$)) et OTVF (augmentation ($+0,50^\circ$)), ces résultats sont similaires aux résultats retrouvés dans la littérature [113, 236] [262], et même s'il existe une différence entre les valeurs préopératoire et postopératoire dans les deux groupes, elles ne sont pas significatives car elle reste dans l'intervalle des valeurs moyennes admises.

Notre étude ne retrouve que très peu d'effet parasite en ce qui concerne la pente tibiale, qui reste stable tout au long de notre étude, aussi bien en préopératoire qu'en postopératoire et ce dans l'intervalle des valeurs normales.

4.7 La hauteur rotulienne

La hauteur patellaire n'est généralement pas prise en compte avant la réalisation d'une OTVO ou d'une OTVF. La littérature rapporte une tendance à abaisser la hauteur patellaire pour les ouvertures contre une tendance à augmenter cette hauteur patellaire pour les fermetures.

R. W. Brouwer et A. Bierma [264] dans une analyse de régression linéaire multivariée a été utilisée pour déterminer l'influence du type d'OTV (ouverture contre fermeture) sur la rotule postopératoire hauteur ou inclinaison tibiale. La variabilité intra et inter-observateur de ces méthodes était déterminé avant opération et au suivi à un an. Après une OTVO, la hauteur rotulienne était significativement plus réduite (moyenne différence postopératoire : IS = 0,15 ; Intervalle de confiance (IC) à 95 % 0,06 à 0,23 ; TA = 0,11 ; 95% IC 0,05 à 0,18) par rapport à un OTVF.

Il n'y avait aucune différence cliniquement significative dans la variabilité intra et inter observateur de mesures de la hauteur rotulienne avant ou après OTV.

Lors du symposium de la SOFCOT de 2009, [197] le recours à une OTV de fermeture était plus fréquent en cas de rotule haute et une OTV d'ouverture plus fréquent pour les rotules basses .

El Amrani, B Lévy[149], L'effet de l'OTVO et de l'ostéosynthèse interne sur la hauteur rotulienne et ses résultats fonctionnels ont été évalués. 40 OTVO ont été réalisées chez 36 patients ,la hauteur rotulienne diminuait de 10 à 15 % ($p < 0,0001$), selon le ratio choisi. La hauteur moyen était de 0,85 en préopératoire (ET = 0,12), de 0,76 en postopératoire (ET = 0,14) et de 0,75 au suivi (ET = 0,14). La diminution de la hauteur rotulienne n'a pas affecté les résultats fonctionnels, que la hauteur reste normale ou devienne faible (score IKS total, respectivement 179 et 170)

Notre étude a retrouvé : en préopératoire la hauteur rotulienne moyenne du groupe OTVO est de 0,96 (0,94-1,04) et 0,94(0,93-1,02) du groupe OTVF

En postopératoire la hauteur rotulienne moyenne du groupe OTVO est de 0,95(0,93-1,01), une différence de (0,014) et celle du groupe OTVF est de 0,98 (0,96-1,04) une différence de (0,041), il existe une différence significative entre les résultats en préopératoire et postopératoire des deux groupes OTVO et OTVF (**P< 0,05**), et une différence significative entre OTVO et OTVF en postopératoire (**p<0,05**).

Cette différence similaire aux résultats retrouve dans la littératures [197] [265] [149] et même s'il existe une différence entre les valeurs préopératoire et postopératoire dans les deux groupes, elles ne sont pas significatives car elle reste dans l'intervalle des valeurs moyennes admises.

Les facteurs de risque d'échec des OTV dans la littérature (*Tableau 65*)

Dans notre étude nous avons noté une modification non significative de la hauteur patellaire en postopératoire dans le groupe OTVO et OTVF.

Tableau 65: Facteurs de risque d'échec des OTV dans la littérature (/ = non étudiée ; âge en années ; IMC en kg/m²)

Auteur	Effectif	Age	Ahlback	Raideur	Pseudarthrose	Correction
Akizuki	159	non		oui	/	/
CHU CAEN	117	non		/	non	non
Keenan	106	>47	/	/	/	/
Naudie	106	>50	/	oui	oui	
Van Raaij	99	non		/	/	/
Bonasia	79	>56		/	/	/
Schuster	75	non	/	/	/	/
Ghadi HCA	50	>70	> 3			NON
Tebibe HCA	35	>60	>3	Non	Non	NON
HMRUC	76	>70	> 3	Non	Non	NON

4.8 Le ligament croisé antérieur et ostéotomie tibiale de valgisation :

C. Trojani ·H. Elhor [266]: Entre janvier 1997 et janvier 2009, 34 patients ont été opérés consécutivement dans notre service par autogreffe du LCA et OTV simultanée. Tous les patients présentaient une laxité antérieure chronique associée à une pré-arthrose, au recul moyen de 6 ans (25 mois à 12 ans), 23 patients avaient repris une activité sportive, dont 45 % en compétition, 28 ne ressentait plus d'instabilité et 21 n'avaient plus de douleur. Le score IKDC subjectif était de 77 points (34 à 97) et 70 % des patients avaient un score IKDC objectif global A ou B. L'axe du genou était en valgus de 2,5°.

Hui [215], dans sa série à très long terme à 17 ans de recul, met en évidence de manière significative qu'un LCA compétent est un facteur de bon pronostic pour la survie d'une OTV.

Antoine Schneider, Sebastien Lustig, [267] Entre 1995 et 2013, tous les patients opérés d'une autogreffe du LCA, par transplant os-tendon patellaire-os, associée à une OTVO pour laxité 35 patients (36 genoux) étaient analysés à 9,8 ans (2,4–20,3 ans) de recul moyen. L'âge moyen lors de la chirurgie était de 39,1 ans ± 9,1. Au recul, **91,4 %** avaient repris une activité sportive au moins de loisir (Tegner 3). **11** patients avaient repris le sport au même niveau (31,4 %), dont 6 en compétition. On conclut, que la reconstruction combinée du LCA associée à une OTV a permis aux patients présentant une gonarthrose interne débutante et une instabilité chronique antérieure de retrouver un

genou stable à presque 10 ans de recul.

Pour **Rodner [151]**, en cas de rupture du LCA lors d'une OTV, la redistribution des contraintes mécaniques fémoro-tibiales se fera aux dépens de la partie postérieure des plateaux pouvant engendrer une usure plus rapide à ce niveau.

Toutefois, chez un patient jeune avec une instabilité majeure de son genou, l'indication d'une OTVO ou OTVF accompagnée d'une reconstruction du LCA dans le même temps opératoire paraît intéressante.

Notre étude n'a pas montré l'influence du LCA dans l'OTVO et OTVF car tous les genoux opérés étaient stables en préopératoire.

5). Les complications et les causes d'échecs :

5.1. Les complications et les échecs des OTVF :

Les complications après OTVF sont rares.

Dans la littérature, le taux des complications varie de 18,8% pour **Chae et al.[268]** à 36,9% pour **Miller et al. [269]**.

La fracture de charnière était survenue dans 5,7 % des cas pour l'OTVO et 5,7% des cas pour l'OTVF dans notre étude. Le taux de survenue de cette fracture dans la littérature se situe entre 15 et 25% (76–78).

Giuseffi et al. [257] a montré une relation statistique entre la survenue d'une fracture de charnière et une révision pour pseudarthrose et/ou perte de correction. Récemment, **Song et al.[270]** ont conclu que la fracture de charnière entraînait un délai de consolidation significativement plus long mais n'avait pas d'influence sur la correction angulaire et les résultats cliniques à 1 an

Les infections [188] sont souvent la conséquence d'une nécrose cutanée.

Les plaies vasculaires sont exceptionnelles [183], ainsi que **le syndrome des loges [243]** qui survient surtout au niveau de la loge antéro-externe de la jambe dans les ostéotomies de fermeture. Les facteurs de risques proviennent d'un temps de garrot trop long, d'une mauvaise hémostase, d'une fermeture de l'aponévrose trop étanche sans drainage, d'une dissection traumatique large. Il faut être prudent avec les anesthésies tronculaires qui peuvent entraîner un retard diagnostic.

La survenue de pseudarthrose est plus fréquente en cas d'OTV d'ouverture que de fermeture. Elle est aussi exceptionnellement retrouvée dans les séries de la littérature.

Naudie et al.[208] Dans une étude rétrospective à un recul de 10 ans minimum concluaient que la survenue d'une pseudarthrose était significativement associée à un risque d'échec plus important.

La dégradation du compartiment opposé est la cause principale d'échec d'une OTVF ou OTVO. Même si tous les auteurs s'accordent à hypercorriger les ostéotomies de valgisation tibiales, il ne faut pas dépasser un certain degré au risque de voir se dégrader le compartiment externe.

L'hypercorrection peut entraîner l'épuisement de l'OTV par une dégradation arthrosique du compartiment fémoro-tibial latéral [153]. Cette hypothèse a été confirmée par une étude biomécanique récente réalisée à partir de modèles informatiques **S Kuriyama, M Watanabe, S Nakamura [259]** . Cette étude montrait qu'une hypercorrection entraînait des contraintes excessives et une cinématique non physiologique du compartiment fémoro-tibial latéral. Par ailleurs, induire un valgus conséquent chez des patients qui présentaient une déformation en varus uni ou bilatérale parfois importante, pourrait être mal toléré tant sur le plan biomécanique que sur le plan esthétique.

Hernigou [161] note 5 cas d'apparition d'arthrose externe chez des patients corrigés au-delà de 6°.

Cette constatation est également citée par **Rinonapoli [232]** et **Lootvoet[231]**.

En fait, une hypercorrection au-delà de 6° est préjudiciable, surtout chez la femme où elle va être inesthétique, et chez le sujet jeune pour qui l'apparition d'une arthrose externe précoce va dégrader le résultat de l'OTV rendant une chirurgie de reprise nécessaire à plus court terme.

Dans notre série, nous déplorons la survenue d'une complication, deux fractures de la charnières . Nous avons eu aucun échec d'OTVF au dernier recul.

5.2. Les complications et les échecs des OTVO :

a).**La fracture de charnière** était survenue dans 5,7 % des cas pour l'OTVO et 5,7% des cas pour l'OTVF dans notre étude. Le taux de survenue de cette fracture dans la littérature se situe entre 15 et 25% (76–78). **Chae et al. [268]** décrivaient une « zone de sécurité » située sur la corticale tibiale latérale vers laquelle l'ostéotomie devrait se diriger afin de prévenir le risque de fracture de charnière. Elle commence 0,8 cm sous l'interligne et descend jusqu'au centre de la tête de la fibula. **Han et al.[271]** ne retrouvaient aucune fracture de charnière lorsque l'ostéotomie était dirigée vers cette zone. Il semblerait que la capsule articulaire et le périoste situés dans cette zone soient à l'origine d'une certaine stabilité qui réduirait le risque de fracture de charnière.

Pour Meidinger et al[272]. , un IMC élevé et la survenue d'une fracture de charnière étaient également des facteurs de risque de retard de consolidation.

Un taux d'infection de 0% a été retrouvé dans la série. Les taux d'infection de la littérature sont variables et oscillent entre 0,5% et 7,3% .

Hui et al[215] ont conclu qu'un antécédent de fracture était un facteur associé à un risque statistiquement plus important d'échec .

Kim et al. [213] Dans leur méta-analyse (35) ont inclus les résultats de **23 études** afin de comparer la survie d'OTV de fermeture latérale et d'ouverture médiale. Il n'y avait pas de différence de survie à 5 ans, en revanche la probabilité de survie était statistiquement supérieure pour les ouvertures médiales à un recul de 10 ans.

Duivenvoorden et al[204]. Dans une étude comparative, retrouvaient une différence significative en termes de survie à **10 ans** selon le type d'OTV réalisée avec une probabilité de survie à 10 ans de **90%** pour les **ouvertures** médiales contre **75%** pour les **fermetures** latérales.

Dans notre série, nous avons eu une complication fracture de la charnière externe chez deux patients de type 1 selon Takeuchi qui nécessite juste l'adaptation de protocole d'appui à la 6 -ème semaine en postopératoire.

5.3. La Consolidation :

Blanchard [273] affirme que la consolidation est obtenue de façon plus précoce dans l'ostéotomie tibiale de fermeture que par celle d'ouverture en raison du bâillement osseux nécessaire dans cette dernière.

Vainionpaa[274] , constate qu'il y avait 3,6% de retard de consolidation pour les OTV supra-tubérositaires, alors qu'il y en a 14% pour les sous-tubérositaires.

Le délai de consolidation est **rarement précisé dans les séries**, ce délai est habituellement de **42 à 45 jours**, date à laquelle l'appui est souvent repris **Aydogdu** [181] , **Segal** [114] , **Jenny**[86].

JH Han, HJ Kim [227]: sur une étude menée une méta-analyse pour déterminer si la plaque verrouillable ou non verrouillable entraînait de meilleurs résultats pour l'ostéotomie tibiale haute à coin d'ouverture (OTVO). Parmi leurs résultats rapportés, il n'y avait aucune différence dans l'incidence de consolidation [risque relatif (RR) = 1,01, p = 0,34]. La plaque verrouillable offre de meilleurs résultats cliniques et réduit les taux de perte de correction et les angles par rapport à la plaque non verrouillable pour la fixation avec OTVO.

R. Siboni, P. Beaufils[275, 276] : sur 41 patients opérés d'une OTV pour gonarthrose médiale, entre janvier 2010 et novembre 2015 ont été inclus dans cette étude rétrospective. Un suivi clinique et radiologique était effectué à 6 semaines, 3 mois et 6 mois afin de déterminer la consolidation osseuse, l'âge moyen des patients étaient de 59 ± 5 ans. L'indice de masse corporelle (IMC) moyen était de $30,3 \pm 5,2$. L'angle HKA initial était de $173,5^\circ \pm 3^\circ$ (167° – 178°) et la correction réalisée était en moyenne de $10,7^\circ \pm 2,7^\circ$ (5° – 15°). Il y a eu 27 corrections $\geq 10^\circ$ et 14 $< 10^\circ$, une fracture de la charnière latérale était retrouvée. 36 patients (87,8 %) ont consolidé au délai moyen de 5 mois \pm 3 mois. 5 patients ont présenté une pseudarthrose du foyer d'ostéotomie. Une correction supérieure ou égale à 10° étaient associés à un retard de consolidation.

La non consolidation est rare dans presque toutes les séries (**Insall [229]** , **lootvoet [2 31]** , **segal[114]** , **Rinonapoli[232]** , **coventry [1]** , il est en de même dans la nôtre, où la consolidation fut obtenue dans tous les cas.

Catonné[253] qui a comparé l'ouverture interne et la fermeture, a démontré que Les deux techniques améliorent significativement le score en six mois postopératoire, selon lui le type d'ostéotomie, le fait de combler ou non et le type de comblement n'ont pas eu d'influence sur la douleur.

Chez F. Guin [277] , les patients qui avaient eu un comblement par blocs de céramique de phosphate de calcium étaient significativement plus douloureux à trois mois, que les patients avec greffe osseuse autologue.

L'ostéotomie tibiale de valgisation permet d'améliorer les douleurs en créant des conditions biomécaniques favorables, la consolidation de 3 mois (45 jours à six mois) en moyenne lorsque l'ostéotomie était comblée par de l'autogreffe, et de 5 mois utilisant un substitut en céramiques phosphate calcique macro poreux placé à la partie médiale de l'ostéotomie,

On note que les techniques d'ouverture et de fermeture ont des résultats identiques sur la disparition de la douleur en postopératoire. Cependant cet effet sur la douleur s'épuise avec le temps.

Les résultats de **Woon-Hwa Jung [278]** sont meilleurs avec un gain de 31 points dans les deux groupes, avec également une amélioration portant principalement sur la douleur. **Brosset [279]**, dans sa série d'ouverture interne sans comblement a eu moins bons résultats en comparaison avec les autres séries, une consolidation primaire a été observée chez 96 % des patients avec un **délai moyen de 5 mois** .Les résultats thérapeutiques de l'ostéotomie tibiale de valgisation sont en général très satisfaisants à court et moyen terme.

Hernigou [217], sur 93 genoux, il y avait 45% de bons résultats à 10 ans et 13% le restaient après 20 ans. Dans les ostéotomies par addition interne, le délai de consolidation est influencé par le type de comblement, ainsi le délai de consolidation .

Goutallier [87], est supérieur ou égal à trois mois avec une cale de ciment.

Koshino [223] voit une trame osseuse continue dans le site d'ostéotomie à 4 mois en utilisant un comblement par hydroxyapatite poreuse (substitut céramique non résorbable).

En présence d'un retard de consolidation symptomatique, des investigations plus approfondies doivent être envisagées pour identifier toute cause sous-jacente potentielle n'y a aucun problème de stabilité mécanique, des interventions non chirurgicales visant à favoriser la cicatrisation osseuse peuvent être envisagées précocement, mais une intervention chirurgicale est rarement nécessaire avant 9 mois. Au cours des 3 premiers mois postopératoires, il est important de reconnaître tout signe d'instabilité de construction pouvant nécessiter une intervention précoce, par exemple fracture de la charnière, échec de l'implant, perte de correction ou de clarté.

Un retard de consolidation doit être surveillé par des radiographies en série.

En ce qui concerne les délais normaux de cicatrisation de l'espace, dans l'OTVO sans greffe osseuse, 75 % de l'espace est rempli d'os nouveau au bout de 6 mois, comme l'évalue par radiographie standard[280].

Un an après l'opération, une consolidation complète peut être retrouvée chez environ 90 % des patients sur les radiographies, IRM et scanner

Dans notre étude ont retrouvé un délai moyen de consolidation est de 65 jours pour l'OTVO et de 62 jours pour l'OTVF, pas de différence significative entre les 2 groupes.

Notre étude ne retrouve pas de pseudarthrose pour les deux technique, 100% de consolidation pour l'OTVO et 100 %pour l'OTVF.

6). Reprises des ostéotomies tibiales de valgisations par PTG :

L'ostéotomie tibiale de valgisation entraîne quatre modifications importantes de la région articulaire qui vont interférer avec la pose d'une arthroplastie totale : l'existence d'une voie d'abord cutanée, l'abord périarticulaire interne ou externe qui va modifier la qualité ou l'insertion des ligaments latéraux, le geste de résection osseuse ou d'addition qui va modifier la forme ou/et la solidité de l'épiphyse tibiale et enfin la mise en place d'un matériel d'ostéosynthèse.

Ces modifications osseuses et ligamentaires vont être à l'origine de difficultés particulières lors de l'implantation ultérieure d'une arthroplastie totale. La réalisation d'une (PTG) dans ces circonstances pose deux problèmes : celui de la technique opératoire, c'est-à-dire des difficultés liées à l'antécédent d'ostéotomie, et celui de la qualité des résultats. La question posée est de déterminer si l'OTV compromet le résultat d'une PTG ultérieure.

La littérature fait état de deux courants de pensée. Certaines des publications les plus anciennes [88, 246], rapportent des résultats nettement moins bons dans les PTG après ostéotomies. Les autres, souvent plus récentes rapportent des résultats identiques.

Le deuxième courant de pensée rassemble un groupe d'auteurs pour qui les résultats des prothèses sont équivalents ou a peine inférieurs au résultat des prothèses primaires.

Des 1987, Staeheli[281] publie des résultats identiques pour un groupe de patients ne présentant toutefois pas de déformation frontale importante (seulement deux hypercorrections sur 35 patients), concluait, que les résultats étaient essentiellement égaux à une PTG primaire.

Ritter [282] ne note pas de différence entre le résultat des PTG après ostéotomie, et celui des PTG primaires. **Badet[283] [284]** rapporte une série dont les résultats sont inférieurs a la série globale de la prothèse en ce qui concerne la douleur, mais pratiquement identiques pour les autres critères d'analyse.

Mont et al[285] Ils ont noté que 36 % de leur groupe de patients PTG ayant déjà eu une OTV avaient un résultat passable ou mauvais ou nécessitaient une intervention chirurgicale supplémentaire.

Windsor et al [286] :ils ont trouvé 51 % d'excellents résultats, 29 % de bons, 4 % de passables et 16 % de mauvais résultats avec un suivi minimum de 2 ans, résultats considérés comme équivalents aux résultats d'une révision de PTG.

Amendola et al [163], de cette institution, ont précédemment constaté que les PTG après OTV avaient des résultats similaires à ceux des PTG primaires, mais avec une amplitude de mouvement significativement diminuée par rapport à un groupe témoin (115° vs 101°).

Plusieurs auteurs rapportent la difficulté de convertir une OTV en PTG.

Toksvig-Larsen, G Magyar [287]: étude sur 40 patients ayant subi une PTG après échec d'une OTVF et ils ont comparés à 40 patients appariés après une PTG primaire du genou. Ils n'ont **pas trouvé de différence** dans la migration dans le temps ou dans la tendance à la migration continue entre les deux groupes. Il n'y avait pas de différences dans l'alignement ou la position de la prothèse du genou ou dans le résultat clinique. Ces résultats montrent que la révision d'une ostéotomie tibiale haute ratée en une arthroplastie totale du genou est efficace.

Codie A. Primeau MSc, publie en 2021 [288]:évalué de manière prospective les patients atteints d'arthrose du genou, ayant subi une OTVO entre 2002 et 2014 ,sur 556 patients ayant subi 643 OTV, l'incidence cumulative des PTG était de 5 % à 5 ans et de 21 % à 10 ans. Les facteurs préopératoires suivants ont été significativement associés à une augmentation du taux de conversion : gravité de l'arthrose à la radiographie, douleur, sexe féminin, âge et IMC. Ils ont constaté que **95 %** des patients subissant une OTV à notre centre n'ont pas besoin d'une PTG dans les **5** années qui suivent, et **79 %** n'en ont pas besoin dans les **10** années qui suivent l'OTV. Le plus solide prédicteur de la conversion vers la PTG était la gravité de la maladie à la radiographie faite au moment de l'OTV

Windsor[246] analyse 45 PTG après OTV à 45 PTG de première intention et retrouve de moins bons résultats dans le groupe reprise.

Karabatsos [289], dans une étude rétrospective comparant 20 PTG après OTV à 20 PTG de première intention, note une technique chirurgicale plus exigeante dans le groupe « reprise » associée à des résultats fonctionnels moins bons.

Van Raaij [221], dans son analyse de la littérature, signale un temps opératoire plus long après OTV ainsi que des mobilités réduites en comparaison des PTG natives. Il note que le taux de révision des PTG est le même, qu'elles soient posées après OTV ou en première intention. A long terme, il ne relève aucune différence significative entre les deux groupes.

Amendola [163] identifient le positionnement du plateau tibial comme le temps critique de la PTG. En effet la perte du stock osseux métaphysaire et la déformation épiphysaire peuvent entrainer une mauvaise implantation du plateau tibial. La cal vicieux métaphysaire extra-articulaire peut être responsable d'une laxité médiale. De plus, le centrage du plateau par rapport à la métaphyse tibiale

peut s'accompagner d'un conflit entre la quille et la corticale latérale.

Comparaison des reprises des OTVO et OTVF par PTG :

Toksvig-Larsen, G Magyar [287]: concluent qu'il n'y pas de différences dans l'alignement ou la position de la prothèse du genou ou dans le résultat clinique. Ces résultats montrent que la révision d'une ostéotomie tibiale haute ratée en une arthroplastie totale du genou est efficace.

Codie A. Primeau MSc [288]: Ils ont constaté que **95 %** des patients subissant une OTV à notre centre n'ont pas besoin d'une PTG dans les **5** années qui suivent, et **79 %** n'en ont pas besoin dans les **10** années qui suivent l'OTV.

Le symposium de la SFHG en 2004, sur les PTG après ostéotomies ne montrait pas de différence entre ouverture et fermeture.

Van Raaij [221], en 2009, confirme sur une méta-analyse, les résultats comparables aux PTG de première intention.

Les résultats des PTG après OTV étaient moins bons dans les anciennes séries. La meilleure compréhension des problèmes et l'utilisation d'implants adaptés expliquent certainement les meilleurs résultats des séries récentes.

Ehlinger, M., D'Ambrosio [290] Dans une série rétrospective multicentrique réalisée à la (SOFCOT symposium 2016), 135 PTG après OTV ont été incluses sur une période de 5 ans. Les critères d'inclusion étaient : l'existence d'une OTVO ou d'une OTVF reprise par une PTG avec 5 ans minimum de recul après la PTG. Comparer les PTG après OTVO ou OTVF en termes de données techniques peropératoires, de résultats cliniques et de complications. Cette série de PTG après OTV confirme les bons résultats cliniques et ne montre aucune différence entre les deux types d'ostéotomie, si ce n'est les complications tardives plus fréquentes pour le groupe fermeture. Il apparaît pour les OTVF que l'ablation du matériel se fait le plus souvent en deux temps contrairement aux OTVO.

VIII.Recommandations :

À l'issue de notre étude, nous pouvons retenir comme indications pour le traitement conservateur de la gonarthrose sur genu varum par l'ostéotomie tibiale de valgisation, les éléments suivants :

Quel malade opérer ?

- Tout patient motive souffrant d'une gonarthrose unilatérale ou bilatérale d'âge inférieur à 71 ans avec :
- Genu varum HKA $< 175^\circ$ ($>5^\circ$)
- Stade I, II et III d'Ahlback.
- Compartiment externe sain.
- Pas de limite de poids (IMC).
- quelle que soit l'atteinte de la fémoropatellaire.
- quelle que soit la hauteur de la patella.

Quand opérer ?

L'indication chirurgicale pour les patients atteints de gonarthrose sur genu varum dépend de plusieurs facteurs, notamment la gravité des symptômes, la réponse au traitement conservateur, le niveau de douleur, la limitation des activités quotidiennes et la progression de la maladie. En général la chirurgie est envisagée lorsque les traitements non chirurgicaux tels que les médicaments, la physiothérapie, les injections intra-articulaires et les aides à la marche ne parviennent pas à soulager suffisamment les symptômes.

La décision d'opter pour une intervention chirurgicale, comme une ostéotomie de valgisation tibiale ou une arthroplastie du genou, est prise en fonction de l'évaluation clinique et radiologique de l'articulation du genou, de la sévérité de la gonarthrose, de l'âge du patient, de son niveau d'activité et de ses préférences personnelles.

Il est essentiel que la décision soit prise en collaboration avec un chirurgien orthopédiste spécialisé dans les affections du genou, qui pourra évaluer de manière approfondie la situation clinique de chaque patient et recommander le moment optimal pour une intervention chirurgicale.

L'indication opératoire doit être posée après un bilan radiographique complet et récent (face et profil en charge, schuss, télémétrie en mono et bipodal),

Dans notre pratique quotidienne, les patients se présentent avec un morphotype tibial « normal » en varus, un morphotype fémoral « normal » en valgus, avec une pente tibiale positive de ($6^\circ-7^\circ$).

L'angle **HKA** reflète l'alignement global du membre inférieur mais ne donne aucune information sur la localisation de la déformation (os, articulation ou laxité), et ne permet donc pas une analyse assez fine.

La différence entre le HKA et le ML DFA et le MPTA (déformation osseuse) indique la déformation articulaire (cartilage et ligaments) [291]. Ce sont ces angles qu'il faut analyser afin de savoir si la déformation est tibiale et/ou fémorale, ce qui permettra de corriger la déformation là où elle existe.

Veillez à toujours analyser le morphotype globale, le morphotype fémoral et tibial, ainsi que l'usure intra-articulaire avant de décider du/des sites de correction.

Comment évaluer une déformation ?

Pour différencier les origines d'un mauvais alignement, les angles distincts des articulations tibiales et fémorales doivent être mesurés :

L'angle fémoral distal latéral mécanique (**ML DFA**, valeur standard $87^\circ \pm 3$) et l'angle tibial proximal médial mécanique (**MPTA**, valeur standard $87^\circ \pm 3$).

En cas de valgus, si la valeur du ML DFA est inférieure à la norme acceptée, l'origine de la déformation en valgus est le fémur et une ostéotomie fémorale est indiquée. A l'inverse si le **MPTA est supérieur** à la norme acceptée, le **tibia** est à l'origine du désalignement.

En cas de varus, si l'angle fémoral est supérieur à la norme acceptée, le fémur est à l'origine d'une déformation en varus et si l'angle tibial est inférieur à la norme acceptée, c'est le tibia.

(JLCA) : L'angle formé par les tangentes de la partie la plus distale des condyles et du plateau tibial correspond au (Joint Line Convergence Angle), il représente la déformation intra-articulaire notamment en cas d'arthrose avancée. Au-delà de ces 2° considérés comme la norme, elle doit être intégrée dans le calcul de la correction à réaliser. Retenons de façon simple qu'il faudra retirer à la correction globale que vous voulez réaliser : **(JLCA - 2) / 2**.

- Si l'on considère un angle HKA de 168° , avec un angle mécanique tibial de (MPTA = 6°), un angle mécanique fémoral normal (L DFA), et un (JLCA de 4°), et un objectif d'hypercorrection en valgus modéré de 3° .

-la correction « juste » qui devra être effectuée par une ostéotomie tibiale de valgisation sera de 10° = $[6^\circ \text{ de correction du MPTA}] + [3^\circ \text{ d'hypercorrection modérée}] + [(4^\circ \text{ de JLCA} - 2) / 2 = 1^\circ]$.

La correction juste = MPTA corrige + (2° ou 3° d'hypercorrection modérée) + (JLCA° - 2) / 2.

Siège de la correction en cas d'usure médiale il existe habituellement un varus, que l'anomalie soit tibiale par un varus épiphysaire tibial important, ou secondaire à des facteurs dynamiques (diminution du moment valgisant par faiblesse du hauban latéral ou une augmentation du moment varisant par surpoids ou un morphotype accentué en varus), **la correction est tibiale**.

Le choix entre ostéotomie d'**ouverture** médiale ou de **fermeture** latérale est une **affaire d'école**.

L'interligne articulaire doit idéalement être parallèle au sol en postopératoire pour ralentir durablement la progression de l'arthrose.

Une planification préopératoire rigoureuse doit permettre de retrouver trois scénarios probables :

1. **Une déformation globale** en varus liée à une déformation métaphyse **tibiale ou fémorale isolée** :

L'indication idéale est une ostéotomie tibiale proximale ou fémorale distale de valgisation ;

2. **Une déformation globale** en varus liée à une déformation métaphysaire **tibiale et fémorale** :

L'indication potentielle d'une ostéotomie bifocale surtout lorsque la correction isolée du tibia entraînerait un MPTA $> 93^\circ$ et donc un interligne oblique.

3. **Une déformation globale** en varus liée à une déformation intra-articulaire majoritaire associée ou non à des déformations métaphysaires fémorale et/ou tibiale : une ostéotomie métaphysaire un « border-line » chez le sujet jeune (ostéotomie palliative de sauvetage) et/ou l'indication de chirurgie intra-articulaire prothétique.

Un interligne oblique de plus de 5° aura des répercussions, sur les résultats esthétiques à court terme, sur les résultats fonctionnels à moyen terme et sur le taux de survie des ostéotomies (conversion chirurgicale) à long terme. Pour ce faire, il faut bien analyser l'origine de la déformation, et éviter un MPTA postopératoire **supérieur à 93°** .

-Il est donc recommandé de valgisier avec une légère hypercorrection visant les (2° - 3°) sans atteindre les dogmatiques (3° à 6°) [26], mais avec comme règle fondamentale de ne pas dépasser les 93° pour l'angle tibial mécanique (MPTA), ce qui permet de ne pas trop contraindre le compartiment latéral mais également de conserver un interligne articulaire horizontal. Si cet angle devait aller au-delà de 93° , il faut se poser la question d'une double ostéotomie, fémorale et tibiale. Cette hypercorrection permettra également de pallier le déficit du hauban latéral, qui, lui, s'oppose à la force du poids du corps.

- **Le plan de coupe idéal** est propre à chaque patient. Seule une analyse tridimensionnelle permet de le définir. En revanche les principes de précaution évoqués ci-dessous permettent d'éviter des erreurs de correction majeures et des complications fracturaires
- La coupe doit séparer deux segments de taille suffisante pour permettre leur fixation ultérieure.
- La coupe doit être métaphysaire pour améliorer la consolidation osseuse
- Elle doit idéalement être biplanaire pour éviter de sectionner au tibia la tubérosité tibiale et au fémur la zone cartilagineuse de la trochlée.
- Une direction parallèle à la surface articulaire (tibiale ou fémorale) si l'on souhaite maintenir la pente tibiale et l'inclinaison fémorale sagittale distale.
- La coupe doit permettre de conserver une charnière osseuse d'épaisseur suffisante qui permettra la rotation du segment distal sur le proximal.
- La position de cette charnière dans un axe antéro-postérieur est l'un des garants du maintien de la présentation sagittale des épiphyses.
- La coupe doit être suffisamment horizontale pour ne pas risquer une effraction articulaire dans les ouvertures et suffisamment verticale pour créer un triangle isocèle à retirer dans les fermetures.
- La coupe doit idéalement se terminer (ou la charnière se positionner) :
 - Pour le tibia proximal par ouverture médiale : à la jonction 1/3 proximale, 2/3 distaux de la tête de la fibula pour limiter le risque de fracture de charnière emportant l'articulation tibiofibulaire supérieure,

Le maintien de la pente tibiale lors de la correction d'une déformation du plan frontal repose sur trois éléments de base : 1/ un plan de coupe parallèle à la surface articulaire, 2/ un coin d'ouverture ou de fermeture dont la base est plutôt postérieure, 3/ une position centrale de la charnière sur l'axe antéropostérieur.

Les modifications de hauteur patellaire lors des OTV restent très limitées. Dans le cas où celles-ci pourraient entraîner des répercussions fonctionnelles (patient souffrant de pathologie fémoropatellaire sévère en préopératoire), le recours à une ostéotomie **biplanaire** descendante peut être préconisé.

Quelle technique choisir ?

La méthode d'ostéotomie prévue et le point de correction dépendent de l'indication et de la gravité de la maladie. Par la suite, une décision doit être prise quant au degré de correction et si une ostéotomie en coin d'ouverture ou de fermeture sera réalisée. Les questions pertinentes à prendre en considération comprennent **l'âge, le sexe et le poids du patient, son niveau d'activité, la qualité des os**. Dans le tibia, l'ostéotomie en coin d'ouverture et de fermeture a tendance à avoir des effets différents, ce qui peut être souhaitable. Une OTVO a tendance à augmenter la pente postérieure tandis qu'un coin de fermeture diminue la pente. Le choix entre ostéotomie d'ouverture médiale ou de fermeture latérale est affaire d'école.

Le choix entre une ostéotomie tibiale de valgisation par addition interne (OTVO) ou soustraction externe (OTVF) peut être sujet à débat parmi les chirurgiens orthopédistes. Chaque technique présente des avantages et des inconvénients, et la décision finale dépendra de plusieurs facteurs, y compris **les** préférences du chirurgien, la situation clinique du patient et les résultats de la littérature scientifique.

- **Les ostéotomies de fermeture externe :**

En faveur des OTVF[12, 228, 231] il faut noter la facilité de consolidation. En sa défaveur, le risque de résection osseuse trop importante difficile à rattraper et le problème posé par le péroné sa section au niveau de la tête ou sa libération au niveau de l'articulation péronéo-tibiale supérieure courir le risque de déstabiliser le compartiment externe alors que la section a sa partie moyenne amené parfois des retards de consolidation et même des pseudarthroses.

- **Les ostéotomies d'ouverture interne :**

En faveur des OTVO [153, 292] , il faut noter la possibilité permanente de modifier la correction jusqu'à la décision définitive.

En sa défaveur, les problèmes de consolidation rendant souvent nécessaire une greffe osseuse pour combler le vide créé par l'ouverture.

Certaines études ont montré que l'**OTVO** peut offrir une meilleure correction de l'alignement du genou et une stabilisation plus efficace, tandis que d'autres ont souligné les avantages de l'**OTVF** en termes de facilité d'accès chirurgical et de résultats fonctionnels. Il est donc important de prendre en compte ces éléments lors de la décision de choisir la technique la plus appropriée pour chaque situation.

À la revue de la littérature, le choix d'une ostéotomie tibiale de valgisation par addition interne ou soustraction externe est un **choix d'école**.

➤ **Sujet âgé de (20-50 ans)** du sexe féminin au masculin

Avec un **IMC** (normale ou surpoids < 30) et un angle $170^\circ < \mathbf{HKA} < 175^\circ$ une OTVO est idéale.

Avec un **IMC** (normale ou surpoids < 30) et un angle $165^\circ < \mathbf{HKA} < 170^\circ$ une OTVO ou OTVF.

Avec un **IMC** (normale ou surpoids ou obésité modéré) et **HKA** < 165° une OTVF est idéale.

➤ **Sujet âgé de (51-65) des 2 genres**

Avec un **IMC** (normale ou surpoids <30) et un angle $170^\circ < \mathbf{HKA} < 175^\circ$ une OTVO est idéale.

Avec un **IMC** (normale ou surpoids <30) et un angle $165^\circ < \mathbf{HKA} < 170^\circ$ une OTVO ou OTVF.

Avec un **IMC** (normale ou surpoids où obésité modère) et l'**HKA** < 165° une OTVF est idéale.

➤ **Sujet âge de (> 65 ans) des 2 genres**

Avec un **IMC** (normale ou surpoids) et $170^\circ < \mathbf{HKA} < 175^\circ$ une OTVO est souhaitée.

Avec un **IMC** (normale ou surpoids ou obésité modéré) et l'**HKA** < 170° une OTVF est idéale.

Concernant les complications thromboemboliques : consécutive à une ostéotomie, chaque patient doit faire l'objet d'une évaluation des risques, à moins qu'une prophylaxie chimique contre-indiquée ne soit recommandée et doit généralement être débutée dans les 24 heures suivant l'intervention chirurgicale.

La lutte contre l'ostéoporose :

On a constaté lors de cette étude l'augmentation des cas d'ostéoporose chez les femmes au-delà de 50 ans, avec la difficulté opératoire lors de la réalisation des coupes d'ostéotomie tibiale, lors de la valgisation par ouverture ou fermeture et au moment de la fixation par ostéosynthèse interne ou externe. Le traitement préventif de l'ostéoporose n'est indiqué que devant un risque fracturaire élevé. Celui-ci dépend de la densité minérale osseuse (DMO) et des autres facteurs de risque de fracture notamment l'existence d'un antécédent de fracture de fragilité.

Le traitement est à base de bisphosphonates (perfusion annuelle ou par des comprimés hebdomadaires) complété par du calcium et de la vitaminothérapie D.

Il est crucial de diagnostiquer et de traiter la gonarthrose au stade précoce : Afin de limiter les dommages articulaires et d'améliorer la qualité de vie des patients. Grâce à des examens d'imagerie appropriés et à un traitement adapté, il est possible de ralentir la progression de la maladie et de préserver la fonction articulaire.

73% des patients dans notre étude présentent une arthrose **stade III d'Ahlback**, stade avancé d'arthrose dû à un retard de diagnostic, de prise en charge ou à une mauvaise orientation des patients. Face à ce nombre élevé de patients (stade III), nous proposons :

- De réaliser une exploration radiologique obligatoire devant des gonalgies chroniques, par des radiographies des deux genoux en charge face et profil ,selon les résultats l'examen peut être complété par un bilan complet du genou (schuss, télémétrie, etc.). En l'absence de résultats concluants sur les radiographies, une IRM est recommandée.
- Devant tous gonarthrose sur genou varum, stade (I, II ou III), il faut propose au patient une ostéotomie du valgisation tibiale OTV (OTVO ou OTVF), on expliquant au patient la technique, ses avantage (efficacité sur la douleur, taux de survie élevé à 15-20 ans, et la possibilité de reprise par PTG ultérieurement).

IX. Conclusion :

Les ostéotomies sont des interventions les plus anciennes en chirurgie orthopédique ; elles sont restées très fréquentes au niveau du tibia proximal alors qu'elles ont disparu au niveau de la hanche. L'indication principale reste la gonarthrose sur genu varum du sujet jeune au prix d'une PTG.

Les indications de l'ostéotomie se sont élargies. Elles concernent en particulier le genou sportif en raison de l'augmentation des accidents de sport, et surtout parce qu'elles peuvent être combinées à d'autres interventions comme la réparation d'un ligament croisé, une greffe cartilagineuse ou une greffe de cellules souches. Elles gardent des indications dans les séquelles traumatiques qu'il s'agisse d'un cal vicieux articulaire ou extra-articulaire. Enfin les ostéotomies du tibia proximal ont trouvé une nouvelle indication dans l'association d'une ostéotomie et la prothèse de genou lorsque la déformation est très importante et ne peut être corrigée par la prothèse elle-même. Quelle que soit l'indication, l'ostéotomie du tibia proximal nécessite une planification préopératoire soignée effectuée à partir d'une mesure angulaire de la déformation que l'on souhaite corriger. Cette planification peut concerner un seul plan ou plusieurs plans faisant appel à une base de réflexion parfois mathématique pour la correction. Une fois la planification effectuée, la réalisation technique doit être soignée. De nombreuses nouvelles techniques ont permis de faire progresser la précision de la correction. Selon l'indication opératoire, la correction angulaire que doit apporter l'ostéotomie peut être différente. Dans l'arthrose on peut considérer que c'est une ostéotomie de décharge d'un compartiment qui doit s'accompagner d'une hypercorrection pour transmettre les charges sur le compartiment opposé.

Dans les techniques de réparation ligamentaire (en particulier du croisé antérieur), ou de greffe cartilagineuse, la microfracture ou l'injection de cellules souches, il n'est pas forcément nécessaire d'effectuer une hypercorrection mais simplement d'obtenir une normocorrection. Dans les cals vicieuses articulaires le but est de retrouver une épiphyse de morphologie normale et pas seulement un axe mécanique normal.

Le traitement des gonarthroses fémoro-tibiales par ostéotomie s'est imposé depuis un demi-siècle comme un traitement de choix. Il se doit de réaliser une correction angulaire avec précision, de la maintenir jusqu'à la consolidation et de ne pas altérer la mobilité de l'articulation. Il faut donc privilégier les méthodes les plus fiables. Parmi les nombreuses techniques possibles, la meilleure est celle que l'on maîtrise le mieux. Pourtant il paraît nécessaire de savoir utiliser à bon escient les ouvertures et les fermetures tibiales. Les ostéotomies fémorales sont plus délicates à réaliser et leur fixation par une ostéosynthèse solide est indispensable pour éviter les pertes angulaires. Leur consolidation est souvent très lente et elles ont d'autres indications.

Notre étude prospective, randomisée et contrôlée a été menée sur 76 patients répartis en deux groupes distincts : l'OTVO (38 patients) et l'OTVF (38 patients), et ce, de septembre 2020 à avril 2023. Les critères d'inclusion étaient les suivants : arthrose unicompartmentale médiale de stades I, II et III selon la classification d'Ahlbäck, et un âge compris entre 27 et 70 ans.

Aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes en termes de caractéristiques démographiques, telles que l'âge moyen, le sexe et l'indice de masse corporelle. Les résultats postopératoires et au dernier suivi n'ont pas révélé de différence significative entre les deux groupes en ce qui concerne les scores cliniques (Charnley, KOOS, HSS, Oxford) et les complications peropératoires ou postopératoires. Cependant, une différence a été observée concernant l'angle HKA postopératoire et le score de Devane, tous deux en faveur du groupe OTVF. Aucune différence significative n'a été constatée en termes de mobilité articulaire et de flexum postopératoire. Le taux de survie à 2-3 ans était de 100% dans les deux groupes. Cette étude comparative entre l'OTVO et l'OTVF dans le traitement de l'arthrose unicompartmentale médiale du genou a démontré des résultats cliniques et fonctionnels similaires, avec des avantages légèrement supérieurs pour l'OTVF en termes d'alignement postopératoire et de niveau d'activité

Notre étude a mis en lumière l'efficacité de l'ostéotomie tibiale de valgisation comme traitement conservateur de la gonarthrose sur genu varum par ouverture médiale (OTVO) ou fermeture latérale (OTVF). Cette intervention chirurgicale permet non seulement de retarder la nécessité d'une prothèse totale du genou, mais aussi d'obtenir de bons résultats fonctionnels et de permettre aux patients jeun de reprendre leurs activités professionnelles et sportives. Les statistiques sont bonne avec un taux de survie de 100% à 3 ans, 95% à 5 ans et 89% à 10 ans, il est justifié de pratiquer les ostéotomies tibiale de valgisation par addition interne OTVO ou soustraction externe OTVF à des patients âgés de 20 à 70 ans présentant une gonarthrose fémoro-tibiale médiale du stade modérée (I, II ou III selon Ahlback).

Référence bibliographique

1. Coventry M. Upper tibial osteotomy for osteoarthritis. *JBJS*. 1985;67(7):1136-40.
2. Felson DT, Naimark A, Anderson J, Kazis L, Castelli W, Meenan RF. The prevalence of knee osteoarthritis in the elderly. The Framingham Osteoarthritis Study. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*. 1987;30(8):914-8.
3. Brouwer RW, Huizinga MR, Duivenvoorden T, van Raaij TM, Verhagen AP, Bierma-Zeinstra SM, et al. Osteotomy for treating knee osteoarthritis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2014(12).
4. Lawrence RC, Felson DT, Helmick CG, Arnold LM, Choi H, Deyo RA, et al. Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States: Part II. *Arthritis & Rheumatism*. 2008;58(1):26-35.
5. Jordan JM, Helmick CG, Renner JB, Luta G, Dragomir AD, Woodard J, et al. Prevalence of hip symptoms and radiographic and symptomatic hip osteoarthritis in African Americans and Caucasians: the Johnston County Osteoarthritis Project. *The Journal of rheumatology*. 2009;36(4):809-15.
6. Oliveria SA, Felson DT, Reed JI, Cirillo PA, Walker AM. Incidence of symptomatic hand, hip, and knee osteoarthritis among patients in a health maintenance organization. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*. 1995;38(8):1134-41.
7. Guillemin F, Rat A-C, Roux CH, Fautrel B, Mazieres B, Chevalier X, et al. The KHOALA cohort of knee and hip osteoarthritis in France. *Joint Bone Spine*. 2012;79(6):597-603.
8. Zhang Y, Hunter DJ, Nevitt MC, Xu L, Niu J, Lui LY, et al. Association of squatting with increased prevalence of radiographic tibiofemoral knee osteoarthritis: the Beijing Osteoarthritis Study. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*. 2004;50(4):1187-92.
9. Slimani S, Testas K, Bencharif I, Boukredera M, Chiheub R. Morphometric study of Algerian hips: An etiological study to explain the low prevalence of hip osteoarthritis in Algeria. *Osteoarthritis and cartilage*. 2015;23:A213.
10. EL RAKAAWI M, HAOUICHAT C, MELLAL S, HOUACHEMI A, MAMECHE A, DJOUDI H, et al. Facteurs de risque de la gonarthrose dans une population algérienne.
11. Baron D. *Arthrose: de la clinique au traitement*: Éd. Med'com; 2011.
12. Bonnin M, Chambat P, Deroche P. Historique, évolution des concepts, différentes prothèses actuelles. *La gonarthrose: Traitement chirurgical: de l'arthroscopie à la prothèse*. 2006:218-38.
13. Dabis J, Templeton-Ward O, Lacey AE, Narayan B, Trompeter A. The history, evolution and basic science of osteotomy techniques. *Strategies in Trauma and Limb Reconstruction: Springer-Verlag Italia s.r.l.*; 2017. p. 169-80.
14. Di Matteo B, Tarabella V, Filardo G, Vigano A, Tomba P, Marcacci M. John Rhea Barton: the birth of osteotomy. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2013;21(9):1957-62. Epub 2013/01/22.
15. Adams W. On subcutaneous osteotomy. *British Medical Journal*. 1879;2(981):604.
16. Macewen W. Osteotomy with an inquiry into the aetiology and pathology of knock-knee, bow-leg, and other osseous deformities of the lower limbs: Churchill; 1880.
17. Underwood EA. Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) and the early development of radiology. SAGE Publications; 1945.
18. Smith JO, Wilson AJ, Thomas NP. Osteotomy around the knee: evolution, principles and results. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013;21:3-22.
19. Uhthoff HK, Poitras P, Backman DS. Internal plate fixation of fractures: short history and recent developments. *Journal of Orthopaedic Science*. 2006;11:118-26.
20. Staubli AE, De Simoni C, Babst R, Lobenhoffer P. TomoFix: a new LCP-concept for open wedge osteotomy of the medial proximal tibia--early results in 92 cases. *Injury*. 2003;34 Suppl 2:B55-62. Epub 2003/10/29.
21. Wardle EN, Ch M, Scriptun N, Causa M. OSTEOTOMY OF THE TIBIA AND FIBULA IN THE TREATMENT OF CHRONIC OSTEOARTHRITIS OF THE KNEE Consulting Orthopaedic Surgeon, United Liverpool Hospitals. 1964.
22. Paley D. *Principles of deformity correction*: Springer Science & Business Media; 2002.
23. Lobenhoffer P, Van Heerwaarden RJ, Staubli AE, Jakob RP, Galla M, Agneskirchner JD. Osteotomies around the knee: indications-planning-surgical techniques using plate fixators. (No Title). 2008.

24. Babis GC, An K-N, Chao EY, Larson DR, Rand JA, Sim FH. Upper tibia osteotomy: long term results—realignment analysis using OASIS computer software. *Journal of Orthopaedic Science*. 2008;13:328-34.
25. Chaouche S, Jacquet C, Fabre-Aubrespy M, Sharma A, Argenson J-N, Parratte S, et al. Patient-specific cutting guides for open-wedge high tibial osteotomy: safety and accuracy analysis of a hundred patients continuous cohort. *International orthopaedics*. 2019;43:2757-65.
26. Babis GC, An K-N, Chao EYS, Rand JA, Sim FH. Double level osteotomy of the knee: a method to retain joint-line obliquity: clinical results. *JBJS*. 2002;84(8):1380-8.
27. Paley D. Intra-articular osteotomies of the hip, knee, and ankle. *Operative Techniques in Orthopaedics*. 2011;21(2):184-96.
28. Sulzbacher I. Osteoarthritis: histology and pathogenesis. *Wiener Medizinische Wochenschrift* (1946). 2012;163(9-10):212-9.
29. Bisicchia S RF, Pizzimenti MA, et al. : . a cadaveric study with CT and dissection analysis. .Injury risk to extraosseous knee vasculature during osteotomies *Clin Orthop Relat Res* 2015;473(3):(1030):9.
30. Viste A, Mercier M. Anatomie chirurgicale appliquée aux ostéotomies autour du genou. 2021:7-11.
31. Kim J, Allaire R, Harner CD. Vascular safety during high tibial osteotomy: a cadaveric angiographic study. *The American journal of sports medicine*. 2010;38(4):810-5.
32. Georgoulis AD, Makris CA, Papageorgiou CD, Moebius UG, Xenakis T, Soucacos PN. Nerve and vessel injuries during high tibial osteotomy combined with distal fibular osteotomy: a clinically relevant anatomic study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 1999;7(1):15-9.
33. Yang D, Zhou Y, Tang Q, Xu H, Yang X. Anatomical relationship between the proximal tibia and posterior neurovascular structures: a safe zone for surgeries involving the proximal tibia. *The Journal of arthroplasty*. 2011;26(7):1123-7.
34. Smith PN, Gelinus J, Kennedy K, Thain L, Rorabeck CH, Bourne RB. Popliteal Vessels in Knee Surgery A Magnetic Resonance Imaging Study. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (1976-2007). 1999;367:158-64.
35. Kim D, Orron D, Skillman JJ. Surgical significance of popliteal arterial variants. A unified angiographic classification. *Annals of surgery*. 1989;210(6):776.
36. Klecker RJ, Winalski CS, Aliabadi P, Minas T. The aberrant anterior tibial artery: Magnetic resonance appearance, prevalence, and surgical implications. *American Journal of Sports Medicine*. 2008;36(4):720-7.
37. Kerver ALA LM, den Hartog D, Verhofstad MHJ, Kleinrensink GJ. . . The surgical anatomy of the infrapatellar branch of the saphenous nerve in relation to incisions for ante-romedial knee surgery. *J Bone Joint Surg* ;. 2013;95(23):(2119-25.).
38. Yoo JH, Chang CB. The location of the popliteal artery in extension and 90 degree knee flexion measured on MRI. *The Knee*. 2009;16(2):143-8.
39. Atlas of Orthopaedic Surgical Exposures.
40. Goldblatt JP, Richmond JC. Anatomy and biomechanics of the knee. *Operative techniques in sports medicine*. 2003;11(3):172-86.
41. Rouvière H. Membres, système nerveux central. (No Title). 1924.
42. Strobel M, Stedtfeld H-W. Diagnostic evaluation of the knee: Springer Science & Business Media; 2012.
43. Amis AA. Biomechanics of high tibial osteotomy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013;21:197-205.
44. Bonnin M, Chambat P, Friedrich N, Müller W. Les voies d'abord dans la prothèse totale du genou. La gonarthrose: Traitement chirurgical: de l'arthroscopie à la prothèse. 2006:239-46.
45. Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *The American journal of sports medicine*. 1982;10(6):329-35.
46. Bousquet G, Dejour H. Concepts of anatomy and physiology for the planning and performance of arthroplasties of the knee. *Acta orthopaedica Belgica*. 1973;39(1):40-55.
47. Kapandji I. Physiologie articulaire (Vol 1). Maloine, Paris. 1963:203.
48. Chatrenet Y. La place de la chaîne cinétique fermée dans la rééducation des ligamentoplasties LCA: attention au maillon faible. *Kinésithérapie*. 2003(13):16-9.
49. Chmielewski TL, Rudolph KS, Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Biomechanical evidence supporting a differential response to acute ACL injury. *Clinical Biomechanics*. 2001;16(7):586-91.
50. BROCHARD D. Cinésiologie et incidences kinésithérapiques du muscle poplité. *Ann Kinésithér*. 1985;12(4):129-35.

51. Moser LB, Hess S, Amsler F, Behrend H, Hirschmann MT. Native non-osteoarthritic knees have a highly variable coronal alignment: a systematic review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2019;27:1359-67.
52. Hirschmann MT, Hess S, Behrend H, Amsler F, Leclercq V, Moser LB. Phenotyping of hip-knee-ankle angle in young non-osteoarthritic knees provides better understanding of native alignment variability. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2019;27:1378-84.
53. Bonnin M, Chambat P, Christel P. Principes, concepts et résultats des différents types d'ostéotomies. *La gonarthrose: Traitement chirurgical: de l'arthroscopie à la prothèse*. 2006:118-32.
54. Mikulicz J. Ueber individuell Formdifferenzen am Femur und an der Tibia des Menschen. Mit Berücksichtigung der Statik des Kniegelenks. *Arch f Anat und Entwicklungsgesch*. 1878;10:351-404.
55. Gacon G, Hummer J, Pierre K. Les prothèses tricompartmentaires du genou de première intention: Techniques opératoires. *Problèmes et solutions*: Springer; 2006.
56. Duparc J, Massare C, editors. Radiological measurement of the angular deviation of the knee in the frontal plane. *Annales de radiologie*; 1967.
57. Thomine J, Boudjemaa A, Gibon Y, Biga N. Les écarts varisants dans la gonarthrose: Fondement théorique et essai d'évaluation pratique. 1981.
58. Maquet P. Biomécanique du genou et gonarthrose. *Rhumatologie*. 1967;19:51-70.
59. Biehl M, Damm P, Trepczynski A, Preiss S, Salzmann GM. Towards planning of osteotomy around the knee with quantitative inclusion of the adduction moment: a biomechanical approach. *Journal of experimental orthopaedics*. 2021;8(1):39. Epub 2021/06/12.
60. Blaimont P, Burnotte J, Baillon J, Duby P. Contribution biomécanique à l'étude des conditions d'équilibre dans le genou normal et pathologique. *Acta Orthop Belg*. 1971;37:573-91.
61. Lecerf G, editor. Résultats des ostéotomies tibiales de valgisation calculée selon la méthode de l'écart varisant avec plus de 10 ans de recul. *Annales orthopédiques de l'Ouest*; 2006.
62. Goutallier D, Van Driessche S, Manicom O, Ali ES, Bernageau J, Radier C. Influence of lower-limb torsion on long-term outcomes of tibial valgus osteotomy for medial compartment knee osteoarthritis. *JBJS*. 2006;88(11):2439-47.
63. Belin C. Ostéotomie tibiale de valgisation par soustraction externe à bascule: à propos de 50 cas 2007.
64. Harrington IJ. Static and dynamic loading patterns in knee joints with deformities. *JBJS*. 1983;65(2):247-59.
65. Panwels F. *Biomécanique de l'appareil locomoteur*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York; 1979.
66. Dejour D, Allain J. Histoire naturelle de l'arthrose fémoro-patellaire isolée. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. 2004;90(5):89-93.
67. Raguet M. Dégradations rotatoires des genu varum.
68. Hanna FS, Wluka AE, Bell RJ, Davis SR, Cicuttini FM, editors. Osteoarthritis and the postmenopausal woman: epidemiological, magnetic resonance imaging, and radiological findings. *Seminars in arthritis and rheumatism*; 2004: Elsevier.
69. Neogi T, Zhang Y. Epidemiology of osteoarthritis. *Rheumatic Disease Clinics*. 2013;39(1):1-19.
70. Felson D. Obesity and knee osteoarthritis. *Ann Int Med*. 1986;14:285-90.
71. Messier SP, Loeser RF, Miller GD, Morgan TM, Rejeski WJ, Sevick MA, et al. Exercise and dietary weight loss in overweight and obese older adults with knee osteoarthritis: the Arthritis, Diet, and Activity Promotion Trial. *Arthritis & Rheumatism*. 2004;50(5):1501-10.
72. DeVita P. The Intensive Diet and Exercise for Arthritis (IDEA) trial: 18-month radiographic and MRI outcomes. 2015.
73. Felson DT, Couropmitree NN, Chaisson CE, Hannan MT, Zhang Y, McAlindon TE, et al. Evidence for a Mendelian gene in a segregation analysis of generalized radiographic osteoarthritis: the Framingham Study. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*. 1998;41(6):1064-71.
74. Spector TD, Cicuttini F, Baker J, Loughlin J, Hart D. Genetic influences on osteoarthritis in women: a twin study. *Bmj*. 1996;312(7036):940-3.
75. Evangelou E, Valdes AM, Kerkhof HJ, Styrkarsdottir U, Zhu Y, Meulenberg I, et al. Meta-analysis of genome-wide association studies confirms a susceptibility locus for knee osteoarthritis on chromosome 7q22. *Annals of the rheumatic diseases*. 2011;70(2):349-55.
76. Day-Williams AG, Southam L, Panoutsopoulou K, Rayner NW, Esko T, Estrada K, et al. A variant in MCF2L is associated with osteoarthritis. *The American Journal of Human Genetics*. 2011;89(3):446-50.

77. Lohmander L, Östenberg A, Englund M, Roos H. High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*. 2004;50(10):3145-52.
78. Roos EM, Östenberg A, Roos H, Ek Dahl C, Lohmander L. Long-term outcome of meniscectomy: symptoms, function, and performance tests in patients with or without radiographic osteoarthritis compared to matched controls. *Osteoarthritis and cartilage*. 2001;9(4):316-24.
79. Blagojevic M, Jinks C, Jeffery A, Jordan K. Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis and cartilage*. 2010;18(1):24-33.
80. Muthuri S, McWilliams D, Doherty M, Zhang W. History of knee injuries and knee osteoarthritis: a meta-analysis of observational studies. *Osteoarthritis and cartilage*. 2011;19(11):1286-93.
81. Kujala UM, Kettunen J, Paananen H, Aalto T, Battié MC, Impivaara O, et al. Knee osteoarthritis in former runners, soccer players, weight lifters, and shooters. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*. 1995;38(4):539-46.
82. McWilliams D, Leeb B, Muthuri S, Doherty M, Zhang W. Occupational risk factors for osteoarthritis of the knee: a meta-analysis. *Osteoarthritis and cartilage*. 2011;19(7):829-39.
83. Sharma L, Song J, Felson DT, Cahue S, Shamiyeh E, Dunlop DD. The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *Jama*. 2001;286(2):188-95.
84. Sharma L, Chmiel JS, Almagor O, Felson D, Guermazi A, Roemer F, et al. The role of varus and valgus alignment in the initial development of knee cartilage damage by MRI: the MOST study. *Annals of the rheumatic diseases*. 2013;72(2):235-40.
85. Langlais F, Thomazeau H. La prévention des erreurs angulaires dans les ostéotomies tibiales. Symposium SOFCOT. *Rev Chir Orthop*. 1992;78(suppl 1):102-4.
86. Jenny J-Y, Boéri C, Ballonzoli L, Meyer N. Difficultés et reproductibilité de la mesure radiographique de l'axe épiphysaire proximal du tibia selon la technique de Lévine. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. 2005;91(7):658-63.
87. Goutallier D, Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J. Devenir à plus de 10 ans de 93 ostéotomies tibiales effectuées pour gonarthrose interne sur genu-varum (ou l'influence prédominante de la correction angulaire frontale). *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. 1986;72(2):101-13.
88. Neyret P, Walch G, Dejour H. La méniscectomie interne intra-murale selon la technique de A. Trillat: résultats à long terme de 258 interventions. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. 1988;74(7):637-46.
89. Servien E, Lustig S, Selmi TAS, Neyret P. Devenir à long terme du genou traumatique. *Revue du rhumatisme*. 2006;73(6):588-92.
90. Weigel DP, Marsh JL. High-energy fractures of the tibial plateau: knee function after longer follow-up. *JBJS*. 2002;84(9):1541-51.
91. Weiss NG, Parvizi J, Trousdale RT, Bryce RD, Lewallen DG. Total knee arthroplasty in patients with a prior fracture of the tibial plateau. *JBJS*. 2003;85(2):218-21.
92. Lequesne M, editor. Indices of severity and disease activity for osteoarthritis. *Seminars in arthritis and rheumatism*; 1991: Elsevier.
93. Ryckewaert A. *Rhumatologie: pathologie osseuse et articulaire: Flammarion Médecine-Sciences*; 1987.
94. Nakamura R, Komatsu N, Murao T, Okamoto Y, Nakamura S, Fujita K, et al. The validity of the classification for lateral hinge fractures in open wedge high tibial osteotomy. *The bone & joint journal*. 2015;97(9):1226-31.
95. Saragaglia D, Chedal-Bornu B, Rouchy R, Rubens-Duval B, Mader R, Pailhé R. Role of computer-assisted surgery in osteotomies around the knee. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2016;24:3387-95.
96. Bonnin M, Chambat P, Chatain F. La planification préopératoire dans les prothèses totales du genou. La gonarthrose: Traitement chirurgical: de l'arthroscopie à la prothèse. 2006:247-64.
97. Nouar MH. Contribution à l'étude anatomo-radiologique des arthroses fémoro-tibiales et fémoro-patellaires: traitement 1987.
98. Altman R, Asch E, Bloch D, Bole G, Borenstein D, Brandt K, et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis: classification of osteoarthritis of the knee. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*. 1986;29(8):1039-49.
99. Danré A. Apport du cliché en Schuss dans le diagnostic de gonarthrose: comparaison du cliché de genou en extension au cliché de genou en Schuss: 2e volet de l'étude "Schuss", étude ancillaire KHOALA.
100. Menkes CJ. Radiographic criteria for classification of osteoarthritis. *The Journal of Rheumatology Supplement*. 1991;27:13-5.

101. Carrillon Y. Imagerie de la gonarthrose. La gonarthrose. 2006;24-36.
102. Demey G, Dejour D. Surgical Technique: Sagittal Plane Correction. Osteotomy About the Knee: Springer International Publishing; 2020. p. 203-19.
103. Serra-Tosio G. Repères et mesures en imagerie ostéo-articulaire: Elsevier Masson; 2012.
104. Caton J, Deschamps G, Chambat P, Lerat J, Dejour H. Patella infera. Apropos of 128 cases. Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur. 1982;68(5):317-25.
105. Brazier J, Migaud H, Gougeon F, Cotten A, Fontaine C, Duquennoy A. Méthodes de mesure radiographique de la pente tibiale. Analyse de 83 genoux témoins. Rev Chir Orthop. 1996;82:195-200.
106. Moore TM, HARVEY JR JP. Roentgenographic measurement of tibial-plateau depression due to fracture. JBJS. 1974;56(1):155-60.
107. Hernigou P. Technique de l'ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture interne. 2013:120-7.
108. Migaud H, De Ladoucette A, Dohin B, Cloutier J, Gougeon F, Duquennoy A. Influence de la pente tibiale sur la translation tibiale et la mobilité d'une prothèse totale du genou non contrainte. Rev Chirurgie Ortop. 1996;82:7-13.
109. Hohmann E, Bryant A. Closing or opening wedge high tibial osteotomy: watch out for the slope. Operative Techniques in Orthopaedics. 2007;17(1):38-45.
110. Julliard R, Genin P, Weil G, Palmkrantz P. La pente tibiale fonctionnelle médiane: principe. Technique de mesure. Valeur. Intérêt. Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur. 1993;79(8):625-34.
111. Godefroy D, Tavernier T. Imagerie de l'arthrose fémoro-patellaire. Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur. 2004;90(5):75-80.
112. dans la catégorie SYNTHÈSE GD, POINT MA. Place des différents types d'arthroplastie dans le traitement de l'arthrose du genou.
113. Lerat J. Ostéotomies dans la gonarthrose. Cahiers D'enseignement de la SOFCOT. 2000;73:165-201.
114. Segal P, Burdin P, VIELPEAU C, ZAIOUR W, CARTIER P, DEPREY F. Les échecs des ostéotomies tibiales de valgisation pour gonarthrose et leurs reprises. Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur. 1992;78(0001):00085-128.
115. Schwartz AJ, Della Valle CJ, Rosenberg AG, Jacobs JJ, Berger RA, Galante JO. Cruciate-retaining TKA using a third-generation system with a four-pegged tibial component: a minimum 10-year followup note. Clinical Orthopaedics and Related Research®. 2010;468:2160-7.
116. Ficat P. Pathologie fémoro-patellaire. (No Title). 1970.
117. Ramadier J, JE B, BENOIT J. Mesure radiologique des déformations frontales du genou. Procédé du profil vrai radiologique. 1982.
118. Moreland JR, Bassett L, Hanker G. Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity. JBJS. 1987;69(5):745-9.
119. Cooke T, Scudamore R, Bryant J, Sorbie C, Siu D, Fisher B. A quantitative approach to radiography of the lower limb. Principles and applications. The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume. 1991;73(5):715-20.
120. Mathieu P-A. Place respective des ostéotomies tibiales de valgisation et de l'arthroplastie unicompartmentale de genou dans le traitement de l'arthrose fémoro-tibiale médiale 2012.
121. Ch L, Bonnin M. Osteotomie tibiale de valgisation pour arthrose fémoro-tibiale interne. 7e'mes journées lyonnaise de chirurgie di genu, Lyon. 1991:142-68.
122. Cartier P, Mammeri M, Villers P. Clinical and radiographic evaluation of modular knee replacement. A review of 95 cases. International orthopaedics. 1982;6(1):35-44.
123. Dejour D, Dejour H. Le traitement chirurgical de la gonarthrose. Revue du rhumatisme. 2000;67:189-95.
124. Aglietti P, Buzzi R, Vena LM, Baldini A, Mondaini A. High tibial valgus osteotomy for medial gonarthrosis: a 10-to 21-year study. The Journal of Knee Surgery. 2003;16(1):21-6.
125. Debeyre J, Artigou J. Indications and results of tibial osteotomy. Influence of laxity. Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur. 1973;59(8):641-56.
126. Smith T, Sexton D, Mitchell P, Hing C. Opening-or closing-wedged high tibial osteotomy: a meta-analysis of clinical and radiological outcomes. The Knee. 2011;18(6):361-8.
127. Villatte G, Erivan R, Fournier P-L, Pereira B, Galvin M, Descamps S, et al. Complément de l'ouverture d'une ostéotomie tibiale de valgisation par une allogreffe sécurisée (Ostéopuretm) et fixation par plaque verrouillée: étude clinique et radiologique rétrospective sur 69 cas à 7, 5 ans de recul. Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique. 2015;101(8):651-6.

128. Dubrana F, Lecerf G, Nguyen-Khanh JP, Menard R, Ardouin L, Gibon Y, et al. [Tibial valgus osteotomy]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2008;94(4 Suppl):S2-21. Epub 2008/08/19. Osteotomie tibiale de valgisation.
129. <Objectif de correction des ostéotomies tibial_2021_Les-Ost-otomies-Autour-d.pdf>.
130. Puddu G, Cipolla M, Cerullo G, Franco V, Gianni E. Which osteotomy for a valgus knee? *International orthopaedics*2010. p. 239-47.
131. Forkel P, Achtnich A, Metzlauff S, Zantop T, Petersen W. Midterm results following medial closed wedge distal femoral osteotomy stabilized with a locking internal fixation device. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2015;23:2061-7.
132. Zarrouk A, Bouzidi R, Karray B, Kammoun S, Mourali S, Kooli M. Distal femoral varus osteotomy outcome: is associated femoropatellar osteoarthritis consequential? *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research.* 2010;96(6):632-6.
133. Thein R, Haviv B, Bronak S, Thein R. Distal femoral osteotomy for valgus arthritic knees. *Journal of Orthopaedic Science.* 2012;17(6):745-9.
134. La MM, LA GN, JA SV. Treatment of osteoarthritis of the knee with valgus deformity by means of varus osteotomy. *Acta orthopaedica Belgica.* 2000;66(3):272-8.
135. Sherman C, Cabanela ME. Closing wedge osteotomy of the tibia and the femur in the treatment of gonarthrosis. *International orthopaedics*2010. p. 173-84.
136. Micicoi G, Jacquet C, Sharma A, LiArno S, Faizan A, Kley K, et al. Neutral alignment resulting from tibial vara and opposite femoral valgus is the main morphologic pattern in healthy middle-aged patients: an exploration of a 3D-CT database. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2021;29:849-58.
137. Bellemans J, Colyn W, Vandenuecker H, Victor J. The Chitranjan Ranawat Award: is neutral mechanical alignment normal for all patients?: the concept of constitutional varus. *Clinical Orthopaedics and Related Research®.* 2012;470:45-53.
138. Grassi A, Signorelli C, Urrizola F, Macchiarola L, Raggi F, Mosca M, et al. Patients with failed anterior cruciate ligament reconstruction have an increased posterior lateral tibial plateau slope: a case-controlled study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* 2019;35(4):1172-82.
139. Dejour D, Saffarini M, Demey G, Baverel L. Tibial slope correction combined with second revision ACL produces good knee stability and prevents graft rupture. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2015;23:2846-52.
140. Pangaud C, Laumonerie P, Dagneaux L, LiArno S, Wellings P, Faizan A, et al. Measurement of the posterior tibial slope depends on ethnicity, sex, and lower limb alignment: a computed tomography analysis of 378 healthy participants. *Orthopaedic journal of sports medicine.* 2020;8(1):2325967119895258.
141. Micicoi G, Khakha R, Kley K, Wilson A, Cerciello S, Ollivier M. Managing intra-articular deformity in high Tibial osteotomy: a narrative review. *Journal of experimental orthopaedics.* 2020;7:1-10.
142. Paley D, Tetsworth K. Mechanical axis deviation of the lower limbs: preoperative planning of uniapical angular deformities of the tibia or femur. *Clinical Orthopaedics and Related Research®.* 1992;280:48-64.
143. Miniaci A, Ballmer F, Ballmer P, Jakob R. Proximal Tibial Osteotomy: A New Fixation Device. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007).* 1989;246:250-9.
144. Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S. The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. *The Orthopedic clinics of North America.* 1979;10(3):585-608.
145. Dugdale TW, Noyes FR, Styer D. Preoperative Planning for High Tibial Osteotomy: The Effect of Lateral Tibiofemoral Separation and Tibiofemoral Length. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007).* 1992;274:248-64.
146. Marti CB, Gautier E, Wachtl SW, Jakob RP. Accuracy of frontal and sagittal plane correction in open-wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* 2004;20(4):366-72.
147. Micicoi G, Grasso F, Kley K, Favreau H, Khakha R, Ehlinger M, et al. Osteotomy around the knee is planned toward an anatomical bone correction in less than half of patients. *Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research.* 2021;107(4).
148. Agneskirchner JD, Hurschler C, Wrann CD, Lobenhoffer P. The effects of valgus medial opening wedge high tibial osteotomy on articular cartilage pressure of the knee: a biomechanical study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* 2007;23(8):852-61.
149. El Amrani M, Lévy B, Scharycki S, Asselineau A. Patellar height relevance in opening-wedge high tibial osteotomy. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research.* 2010;96(1):37-43.

150. Lee YS, Park SJ, Shin VI, Lee JH, Kim YH, Song EK. Achievement of targeted posterior slope in the medial opening wedge high tibial osteotomy: a mathematical approach. *Annals of Biomedical Engineering*. 2010;38:583-93.
151. Rodner CM, Adams DJ, Diaz-Doran V, Tate JP, Santangelo SA, Mazzocca AD, et al. Medial opening wedge tibial osteotomy and the sagittal plane: the effect of increasing tibial slope on tibiofemoral contact pressure. *The American journal of sports medicine*. 2006;34(9):1431-41.
152. Ihle C, Ahrend M, Grunwald L, Ateschrang A, Stockle U, Schroter S. No change in patellar height following open wedge high tibial osteotomy using a novel femur-referenced measurement method. *The Knee*. 2017;24(5):1118-28. Epub 2017/07/05.
153. Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J, Goutallier D. Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1987;69(3):332-54.
154. Kuriyama S, Watanabe M, Nakamura S, Nishitani K, Tanaka Y, Sekiguchi K, et al. Large medial proximal tibial angles cause excessively medial tibiofemoral contact forces and abnormal knee kinematics following open-wedge high tibial osteotomy. *Clinical Biomechanics*. 2020;80:105190.
155. Akamatsu Y, Kobayashi H, Tsuji M, Nejima S, Kumagai K, Saito T. Should sagittal osteotomy line be parallel to tibial posterior slope in high tibial osteotomy? *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2018;19:1-8.
156. Hernigou P. Technique d'ostéotomie tibiale par ouverture interne. *Rev Chir Orthop*. 1992;78(suppl 1):99-101.
157. Hernigou P. Open wedge tibial osteotomy: combined coronal and sagittal correction. *The Knee*. 2002;9(1):15-20.
158. Hernigou J, Chahidi E, Kashi M, Moest E, Dakhil B, Hayek G, et al. Risk of vascular injury when screw drilling for tibial tuberosity transfer. *International orthopaedics*. 2018;42:1165-74.
159. Nicolau X, Bonnomet F, Micicoi G, Eichler D, Ollivier M, Favreau H, et al. Accuracy of the correction obtained after tibial valgus osteotomy. Comparison of the use of the Hernigou table and the so-called classical method. *International orthopaedics*. 2020;44(12):2613-9. Epub 2020/08/21.
160. Hernigou P, Queinnec S, Picard L, Guissou I, Naanaa T, Duffiet P, et al. Safety of a novel high tibial osteotomy locked plate fixation for immediate full weight-bearing: a case-control study. *International orthopaedics*. 2013;37:2377-84.
161. Hernigou P, Flouzat Lachaniette C, Delambre J, Guissou I, Dahmani O, Ibrahim Ouali M, et al. Full weight bearing and dynamisation with Limmed® locked plate fixation accelerates bone regeneration in the volume of opening wedge high tibial osteotomy. *International orthopaedics*. 2015;39:1295-300.
162. Hernigou P, Giber D, Dubory A, Auregan JC. Safety of simultaneous versus staged bilateral opening-wedge high tibial osteotomy with locked plate and immediate weight bearing. *International orthopaedics*. 2020;44:109-17.
163. Amendola A, Bonasia DE. Results of high tibial osteotomy: review of the literature. *International orthopaedics*. 2010;34(2):155-60. Epub 2009/10/20.
164. Brouwer R, Bierma-Zeinstra S, Van Raaij T, Verhaar J. Osteotomy for medial compartment arthritis of the knee using a closing wedge or an opening wedge controlled by a Puddu plate: a one-year randomised, controlled study. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 2006;88(11):1454-9.
165. Lu J, Tang S, Wang Y, Li Y, Liu C, Niu Y, et al. Clinical outcomes of closing-and opening-wedge high tibial osteotomy for treatment of anteromedial unicompartmental knee osteoarthritis. *The Journal of Knee Surgery*. 2019;32(08):758-63.
166. Wootton J, Ashworth M, MacLaren C. Neurological complications of high tibial osteotomy--the fibular osteotomy as a causative factor: a clinical and anatomical study. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. 1995;77(1):31.
167. Ramanoudjame M, Vandebussche E, Baring T, Solignac N, Augereau B, Gregory T. Fibular nonunion after closed-wedge high tibial osteotomy. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2012;98(8):863-7.
168. Dorofeev A, Tylla A, Drescher WR, Stangl R. Opposite cortical fractures in closed-wedge HTO: New classification and treatment algorithm. *The Knee*. 2019;26(5):1058-66.
169. Kawai R, Kawashima I, Maeda A, Tsukada M, Aoshiba H, Kusaka Y, et al. The factors affecting the timing of bone union after closing-wedge high tibial osteotomy. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. 2020;11:S526-S9.
170. Berruto M, Maione A, Tradati D, Ferrua P, Ubaldi F, Usellini E. Closing-wedge high tibial osteotomy, a reliable procedure for osteoarthritic varus knee. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2020;28:3955-61.

171. Kaper BP, Bourne RB, Rorabeck CH, MacDonald SJ. Patellar infera after high tibial osteotomy. *The Journal of arthroplasty*. 2001;16(2):168-73.
172. Ferner F, Lutter C, Dickschas J, Strecker W. Medial open wedge vs. lateral closed wedge high tibial osteotomy - Indications based on the findings of patellar height, leg length, torsional correction and clinical outcome in one hundred cases. *International orthopaedics*. 2019;43(6):1379-86.
173. Dexel J, Fritzsche H, Beyer F, Harman MK, Lützner J. Open-wedge high tibial osteotomy: incidence of lateral cortex fractures and influence of fixation device on osteotomy healing. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2017;25:832-7.
174. Ogawa H, Matsumoto K, Akiyama H. The prevention of a lateral hinge fracture as a complication of a medial opening wedge high tibial osteotomy: a case control study. *The bone & joint journal*. 2017;99(7):887-93.
175. Imhoff FB, Imhoff AB. Editorial Commentary: Lateral hinge fracture in high tibial osteotomy: Risk or annex? : Elsevier; 2018. p. 3080-1.
176. Sherman C, Cabanela ME. Closing wedge osteotomy of the tibia and the femur in the treatment of gonarthrosis. *International orthopaedics*. 2010;34:173-84.
177. Reyle G, Lorbach O, Dikko Kaze A, Hoffmann A, Pape D. Prevention of lateral cortex fractures in open wedge high tibial osteotomies: The anteroposterior drill hole approach. *Der Orthopäde*. 2017;46:610-6.
178. Munier M, Donnez M, Ollivier M, Flecher X, Chabrand P, Argenson J-N, et al. Can three-dimensional patient-specific cutting guides be used to achieve optimal correction for high tibial osteotomy? Pilot study. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2017;103(2):245-50.
179. Dessyn E, Sharma A, Donnez M, Chabrand P, Ehlinger M, Argenson J-N, et al. Adding a protective K-wire during opening high tibial osteotomy increases lateral hinge resistance to fracture. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2020;28:751-8.
180. Gulagaci F, Jacquet C, Ehlinger M, Sharma A, Kley K, Wilson A, et al. A protective hinge wire, intersecting the osteotomy plane, can reduce the occurrence of perioperative hinge fractures in medial opening wedge osteotomy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2020;28:3173-82.
181. Aydoğdu S, Cullu E, Arac N, Varolgüneş N, Sur H. Prolonged peroneal nerve dysfunction after high tibial osteotomy: pre-and postoperative electrophysiological study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2000;8:305-8.
182. Bauer T, Hardy P, Lemoine J, Finlayson D, Tranier S, Lortat-Jacob A. Drop foot after high tibial osteotomy: a prospective study of aetiological factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2005;13:23-33.
183. Efe T, Ahmed G, Heyse TJ, Boudriot U, Timmesfeld N, Fuchs-Winkelmann S, et al. Closing-wedge high tibial osteotomy: survival and risk factor analysis at long-term follow up. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2011;12(1):1-5.
184. Darnis A, Villa V, Debette C, Lustig S, Servien E, Neyret P. Vascular injuries during closing-wedge high tibial osteotomy: A cadaveric angiographic study. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2014;100(8):891-4.
185. Saithna A, Kundra R, Getgood A, Spalding T. Opening wedge distal femoral varus osteotomy for lateral compartment osteoarthritis in the valgus knee. *The Knee*. 2014;21(1):172-5.
186. Martin R, Birmingham TB, Willits K, Litchfield R, LeBel M-E, Giffin JR. Adverse event rates and classifications in medial opening wedge high tibial osteotomy. *The American journal of sports medicine*. 2014;42(5):1118-26.
187. Anagnostakos K, Mosser P, Kohn D. Infections after high tibial osteotomy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013;21:161-9.
188. Reischl N, Wahl P, Jacobi M, Clerc S, Gautier E, Jakob RP. Infections after high tibial open wedge osteotomy: a case control study. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2009;129:1483-7.
189. Spahn G. Complications in high tibial (medial opening wedge) osteotomy. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2004;124:649-53.
190. Sprenger TR, Doerzbacher JF. Tibial osteotomy for the treatment of varus gonarthrosis: survival and failure analysis to twenty-two years. *JBJS*. 2003;85(3):469-74.
191. Turner R, Griffiths H, Heatley F. The incidence of deep-vein thrombosis after upper tibial osteotomy. A venographic study. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 1993;75(6):942-4.
192. Luites JWH, Brinkman JM, Wymenga AB, Van Heerwaarden RJ, Sint F, Research M, et al. Fixation stability of opening-versus closing-wedge high tibial osteotomy A RANDOMISED CLINICAL TRIAL USING RADIOSTEREOMETRY. *J Bone Joint Surg [Br]*. 2009(11):91-1459.

193. Troosters T, Vilaro J, Rabinovich R, Casas A, Barbera J, Rodriguez-Roisin R, et al. Physiological responses to the 6-min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *European Respiratory Journal*. 2002;20(3):564-9.
194. Delprat J, Ehrler S, Gavroy J, Romain M, Thauray M, Xenard J. Raideur et Tissus Mous: Traitement par massage sous dépression. *La Raideur Articulaire Rencontres en Rééducation*. 1995;10:184-90.
195. Thoumie P, Postel J-M, Missaoui B, Biau D, Ribinik P, Revel M, et al., editors. Intérêt de la mobilisation passive continue par rapport aux mobilisations intermittentes après pose d'une prothèse totale de genou. *Elaboration de recommandations françaises pour la pratique clinique. Annales de réadaptation et de médecine physique*; 2007: Elsevier.
196. Bortoluzzi A, Furini F, Scirè CA. Osteoarthritis and its management-Epidemiology, nutritional aspects and environmental factors. *Autoimmunity reviews*. 2018;17(11):1097-104.
197. Dubrana F, Lecerf G, Nguyen-Khanh J-P, Menard R, Ardouin L, Gibon Y, et al. Ostéotomie tibiale de valgisation. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. 2008;94(4):2-21.
198. Charnley J. The long-term results of low-friction arthroplasty of the hip performed as a primary intervention. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 1972;54(1):61-76.
199. Devane PA, Horne JG, Martin K, Coldham G, Krause B. Three-dimensional polyethylene wear of a press-fit titanium prosthesis: factors influencing generation of polyethylene debris. *The Journal of arthroplasty*. 1997;12(3):256-66.
200. Bonasia DE, Dettoni F, Sito G, Blonna D, Marmotti A, Bruzzone M, et al. Medial opening wedge high tibial osteotomy for medial compartment overload/arthritis in the varus knee: prognostic factors. *The American journal of sports medicine*. 2014;42(3):690-8.
201. Khoshbin A, Sheth U, Ogilvie-Harris D, Mahomed N, Jenkinson R, Gandhi R, et al. The effect of patient, provider and surgical factors on survivorship of high tibial osteotomy to total knee arthroplasty: a population-based study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2017;25:887-94.
202. Bouguennec N, Mergenthaler G, Gicquel T, Bryand C, Nadau E, Pailhé R, et al. Medium-term survival and clinical and radiological results in high tibial osteotomy: factors for failure and comparison with unicompartmental arthroplasty. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2020;106(8):S223-S30.
203. Nakayama H, Schröter S, Yamamoto C, Iseki T, Kanto R, Kurosaka K, et al. Large correction in opening wedge high tibial osteotomy with resultant joint-line obliquity induces excessive shear stress on the articular cartilage. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2018;26(6):1873-8.
204. Duivenvoorden T, Van Diggele P, Reijman M, Bos P, Van Egmond J, Bierma-Zeinstra S, et al. Adverse events and survival after closing-and opening-wedge high tibial osteotomy: a comparative study of 412 patients. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2017;25:895-901.
205. Bae DK, Song SJ, Kim HJ, Seo JW. Change in limb length after high tibial osteotomy using computer-assisted surgery: A comparative study of closed- and open-wedge osteotomies. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013;21(1):120-6.
206. Agneskirchner JD, Hurschler C, Stukenborg-Colsman C, Imhoff AB, Lobenhoffer P. Effect of high tibial flexion osteotomy on cartilage pressure and joint kinematics: A biomechanical study in human cadaveric knees. Winner of the AGA-DonJoy Award 2004. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2004;124(9):575-84.
207. Spahn G. Complications in high tibial (medial opening wedge) osteotomy. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2004;124(10):649-53.
208. Naudie D, Bourne RB, Rorabeck CH, Bourne TJ. Survivorship of the High Tibial Valgus Osteotomy A 10-to 22-Year Followup Study. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 1999;367:18-27.
209. Yoon J-R, Ko S-N, Jung K-Y, Lee Y, Park J-O, Shin Y-S. Risk of revision following total knee arthroplasty or high tibial osteotomy: a nationwide propensity-score-matched study. *JBJS*. 2019;101(9):771-8.
210. Harris JD, McNeilan R, Siston RA, Flanigan DC. Survival and clinical outcome of isolated high tibial osteotomy and combined biological knee reconstruction. *The Knee*. 2013;20(3):154-61. Epub 2013/03/13.
211. Niinimäki T, Eskelinen A, Mann B, Junnila M, Ohtonen P, Leppilahti J. Survivorship of high tibial osteotomy in the treatment of osteoarthritis of the knee: Finnish registry-based study of 3195 knees. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 2012;94(11):1517-21.
212. W-Dahl A, Robertsson O, Lohmander LS. High tibial osteotomy in Sweden, 1998–2007: a population-based study of the use and rate of revision to knee arthroplasty. *Acta Orthopaedica*. 2012;83(3):244-8.
213. Kim JI, Kim BH, Han HS, Lee MC. Rotational Changes in the Tibia After High Tibial Valgus Osteotomy: A Comparative Study of Lateral Closing Versus Medial Opening Wedge Osteotomy. *The American journal of sports medicine*. 2020;48(14):3549-56. Epub 2020/10/23.

214. Pannell WC, Heidari KS, Mayer EN, Zimmerman K, Heckmann N, McKnight B, et al. High tibial osteotomy survivorship: a population-based study. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2019;7(12):2325967119890693.
215. Hui C, Salmon LJ, Kok A, Williams HA, Hockers N, van der Tempel WM, et al. Long-term survival of high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis of the knee. *The American journal of sports medicine*. 2011;39(1):64-70.
216. Flecher X, Parratte S, Aubaniac JM, Argenson JN. A 12-28-year followup study of closing wedge high tibial osteotomy. *Clinical orthopaedics and related research*. 2006;452:91-6. Epub 2006/08/15.
217. Hernigou P, Ma W. Open wedge tibial osteotomy with acrylic bone cement as bone substitute. *The Knee*. 2001;8(2):103-10.
218. van Wulfften Palthe A, Clement N, Temmerman O, Burger B. Survival and functional outcome of high tibial osteotomy for medial knee osteoarthritis: a 10–20-year cohort study. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. 2018;28:1381-9.
219. Akizuki S, Shibakawa A, Takizawa T, Yamazaki I, Horiuchi H. The long-term outcome of high tibial osteotomy A TEN-TO 20-YEAR FOLLOW-UP. 2008:90-592.
220. Keenan O, Clement N, Nutton R, Keating J. Older age and female gender are independent predictors of early conversion to total knee arthroplasty after high tibial osteotomy. *The Knee*. 2019;26(1):207-12.
221. Van Raaij TM, Brouwer RW, De Vliieger R, Reijman M, Verhaar JAN. Opposite cortical fracture in high tibial osteotomy: Lateral closing compared to the medial opening-wedge technique. *Acta Orthopaedica*. 2008;79(4):508-14.
222. Schuster P, Geßlein M, Schlumberger M, Mayer P, Mayr R, Oremek D, et al. Ten-year results of medial open-wedge high tibial osteotomy and chondral resurfacing in severe medial osteoarthritis and varus malalignment. *The American journal of sports medicine*. 2018;46(6):1362-70.
223. Koshino T, Yoshida T, Ara Y, Saito I, Saito T. Fifteen to twenty-eight years' follow-up results of high tibial valgus osteotomy for osteoarthritic knee. *The Knee*. 2004;11(6):439-44.
224. Tang WC, Henderson IJP. High tibial osteotomy: Long term survival analysis and patients' perspective. *The Knee*. 2005;12(6):410-3.
225. Ismail G. GONARTHROSE SUR GENU VARUM STADE III D' AHLBACK EN ALGERIE. OSTEOTOMIE TIBIALE DE VALGISATION OU PROTHESE TOTALE DU GENOU ? (A PROPOS DE 100 CAS) [These]2017.
226. B Tebibe. TRAITEMENT DE L'ARTHROSE FEMORO-TIBIALE MEDIALE OSTEOTOMIE TIBIALE DE VALGISATION OU PROTHESE UNICOMPARTIMENTALE DU GENOU>. THESE. 2023.
227. Han JH, Kim HJ, Song JG, Yang JH, Nakamura R, Shah D, et al. Locking plate versus non-locking plate in open-wedge high tibial osteotomy: a meta-analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2017;25:808-16.
228. Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL. Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. *JBJS*. 1993;75(2):196-201.
229. Insall JN, Joseph D, Msika C. High tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A long-term follow-up study. *JBJS*. 1984;66(7):1040-8.
230. Hernigou P. Ostéomies tibiales: facteurs de succès à long terme. *Rev Chir Orthop*. 1992;78(Suppl. 1):92-4.
231. Lootvoet L, Massinon A, Rossillon R, Himmer O, Lambert K, Ghosez J. Ostéotomie tibiale haute de valgisation pour gonarthrose sur genu varum: à propos d'une série de 193 cas revus après 6 à 10 ans de recul. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. 1993;79(5):375-84.
232. AGLIETTI P, RINONAPOLI E, STRINGA G, TAVIANI A. Tibial osteotomy for the varus osteoarthritic knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 1983;176:239-51.
233. Fu D, Li G, Chen K, Zeng H, Zhang X, Cai Z. Comparison of clinical outcome between simultaneous-bilateral and staged-bilateral total knee arthroplasty: a systematic review of retrospective studies. *The Journal of arthroplasty*. 2013;28(7):1141-7.
234. van den Bekerom MP, Patt TW, Kleinhout MY, van der Vis HM, Albers GR. Early Complications After High Tibial Osteotomy—A Comparison of Two Techniques. *The Journal of Knee Surgery*. 2008;21(01):68-74.
235. Schaefer T, Majewski M, Hirschmann M, Friederich N. Comparison of sagittal and frontal plane alignment after open-and closed-wedge osteotomy: a matched-pair analysis. *Journal of international medical research*. 2008;36(5):1085-93.

236. El-Azab H, Halawa A, Anetzberger H, Imhoff AB, Hinterwimmer S. The effect of closed-and open-wedge high tibial osteotomy on tibial slope A RETROSPECTIVE RADIOLOGICAL REVIEW OF 120 CASES. *J Bone Joint Surg [Br]*. 2008;90(9):90-1193.
237. Brouwer R, Van Raaij T, Verhaar J, Coene L, Bierma-Zeinstra S. Brace treatment for osteoarthritis of the knee: a prospective randomized multi-centre trial. *Osteoarthritis and cartilage*. 2006;14(8):777-83.
238. Hoell S, Suttmoeller J, Stoll V, Fuchs S, Gosheger G. The high tibial osteotomy, open versus closed wedge, a comparison of methods in 108 patients. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2005;125(9):638-43.
239. Magyar G, Toksvig-Larsen S, Lindstrand A. Changes in osseous correction tibial osteotomy after proximal Radiostereometry of closed-and open-wedge osteotomy in 33 patients. 1999.
240. Song E, Seon J, Park S, Jeong M. The complications of high tibial osteotomy: closing-versus opening-wedge methods. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 2010;92(9):1245-52.
241. Woodacre T, Ricketts M, Evans JT, Pavlou G, Schranz P, Hockings M, et al. Complications associated with opening wedge high tibial osteotomy—a review of the literature and of 15 years of experience. *The Knee*. 2016;23(2):276-82.
242. Smith TO, Sexton D, Mitchell P, Hing CB. Opening- or closing-wedged high tibial osteotomy: a meta-analysis of clinical and radiological outcomes. *The Knee*. 2011;18(6):361-8. Epub 2010/11/03.
243. Descamps L, Jarsaillon B, Schuster P, Vergnat C. Synthèse angulaire dans l'ostéotomie tibiale haute de valgisation pour arthrose: à propos d'une série de 544 cas. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. 1987;73(3):231-6.
244. Ivarsson I, Myrnerets R, Gillquist J. THE JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY HIGH TIBIAL OSTEOTOMY FOR MEDIAL OSTEOARTHRITIS OF THE KNEE A 5 TO 7 AND AN 1 1 TO 1 3 YEAR FOLLOW-UP. 1990.
245. Odenbring S, Egund N, Knutson K, Lindstrand A, Larsen ST. Revision after osteotomy for gonarthrosis: A 10-19-year follow-up of 314 cases. *Acta Orthopaedica*. 1990;61(2):128-30.
246. Windsor R, Insall J, Vince K. Technical considerations of total knee arthroplasty after proximal tibial osteotomy. *JBJS*. 1988;70(4):547-55.
247. Schallberger A, Jacobi M, Wahl P, Maestretti G, Jakob RP. High tibial valgus osteotomy in unicompartamental medial osteoarthritis of the knee: a retrospective follow-up study over 13–21 years. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2011;19:122-7.
248. VIELPEAU C, DIMECH C, LOCKER B. CONTROL DATA-METHODOLOGY. *REVUE DE CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET REPARATRICE DE L APPAREIL MOTEUR*. 1992;78:90-2.
249. Ollivier M, Ehlinger M, Kley K. Bases de réflexion mathématique pour les ostéotomies autour du genou. 2021:33-41.
250. Cao Z, Mai X, Wang J, Feng E, Huang Y. Unicompartamental knee arthroplasty vs high tibial osteotomy for knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of arthroplasty*. 2018;33(3):952-9.
251. Jacquet C, Gulagaci F, Schmidt A, Pendse A, Parratte S, Argenson JN, et al. Opening wedge high tibial osteotomy allows better outcomes than unicompartamental knee arthroplasty in patients expecting to return to impact sports. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2020;28(12):3849-57.
252. Agneskirchner JD, Hurschler C, Stukenborg-Colsman C, Imhoff AB, Lobenhoffer P. Effect of high tibial flexion osteotomy on cartilage pressure and joint kinematics: a biomechanical study in human cadaveric knees. Winner of the AGA-DonJoy Award 2004. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2004;124(9):575-84. Epub 2004/10/14.
253. Catonné Y, Judet T. Ostéotomies tibiales. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. 2010;96(7):907-19.
254. Bové J-C. Utilisation d'une cale en céramique d'alumine poreuse dans l'ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture interne: Cinquante cas avec un recul moyen de 16 mois. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. 2002;88(5):480-5.
255. Börjesson M, Weidenhielm L, Mattsson E, Olsson E. Gait and clinical measurements in patients with knee osteoarthritis after surgery: a prospective 5-year follow-up study. *The Knee*. 2005;12(2):121-7.
256. Akamatsu Y, Kumagai K, Kobayashi H, Tsuji M, Saito T. Effect of increased coronal inclination of the tibial plateau after opening-wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2018;34(7):2158-69. e2.
257. Giuseffi SA, Replogle WH, Shelton WR. Opening-wedge high tibial osteotomy: review of 100 consecutive cases. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2015;31(11):2128-37.
258. Aglietti P, Buzzi R, Vena LM, Baldini A, Mondaini A. High Tibial Valgus Osteotomy for Medial Gonarthrosis. *Journal of Knee Surgery (SLACK Incorporated)*. 2003;16(1).

259. Kuriyama S, Watanabe M, Nakamura S, Nishitani K, Sekiguchi K, Tanaka Y, et al. Classical target coronal alignment in high tibial osteotomy demonstrates validity in terms of knee kinematics and kinetics in a computer model. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2020;28:1568-78.
260. Yasuda K, Majima T, Tsuchida T, Kaneda K. A ten-to 15-year follow-up observation of high tibial osteotomy in medial compartment osteoarthritis. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 1992;282:186-95.
261. LaPrade RF, Barrera Oro F, Ziegler CG, Wijdicks CA, Walsh MP. Patellar height and tibial slope after opening-wedge proximal tibial osteotomy: a prospective study. *The American journal of sports medicine*. 2010;38(1):160-70.
262. Ducat A, Sariali E, Lebel B, Mertl P, Hernigou P, Flecher X, et al. Modification de la pente tibiale après ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture médiale ou fermeture latérale : étude comparative prospective multicentrique. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. 2012;98(1):61-7.
263. Giffin JR, Vogrin TM, Zantop T, Woo SL, Harner CD. Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee. *The American journal of sports medicine*. 2004;32(2):376-82. Epub 2004/02/24.
264. Brouwer RW, Bierma-Zeinstra SMA, Van Koevinge AJ, Verhaar JAN, Scientist B, Surgeon O. Patellar height and the inclination of the tibial plateau after high tibial osteotomy THE OPEN VERSUS THE CLOSED-WEDGE TECHNIQUE. 2005;87(9).
265. El-Azab H, Halawa A, Anetzberger H, Imhoff A, Hinterwimmer S. The effect of closed-and open-wedge high tibial osteotomy on tibial slope: a retrospective radiological review of 120 cases. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 2008;90(9):1193-7.
266. Trojani C, Elhor H, Carles M, Boileau P. La reconstruction du ligament croisé antérieur associée à une ostéotomie tibiale de valgisation permet la reprise du sport. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. 2014;100(2):166-70.
267. Schneider A, Lustig S, Neyret P, Servien E. Retour au sport après reconstruction combinée du ligament croisé antérieur et ostéotomie tibiale de valgisation par addition interne: résultats à 10 ans de recul moyen d'une série consécutive de 36 cas. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. 2017;103(8):S276-S7.
268. Chae DJ, Shetty GM, Wang KH, Montalban Jr ASC, Kim JI, Nha KW. Early complications of medial opening wedge high tibial osteotomy using autologous tricortical iliac bone graft and T-plate fixation. *The Knee*. 2011;18(4):278-84.
269. Miller BS, Downie B, McDonough EB, Wojtys EM. Complications after medial opening wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2009;25(6):639-46.
270. Song EK, Seon JK, Park SJ, Jeong MS, K Seon PJ, Surgeon J Park OS, et al. The complications of high tibial osteotomy CLOSING-VERSUS OPENING-WEDGE METHODS. *J Bone Joint Surg [Br]*. 2010;92(9):92-1245.
271. Han SB, Lee DH, Shetty GM, Chae DJ, Song JG, Nha KW. A "safe zone" in medial open-wedge high tibia osteotomy to prevent lateral cortex fracture. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013;21:90-5.
272. Meidinger G, Imhoff AB, Paul J, Kirchoff C, Sauerschnig M, Hinterwimmer S. May smokers and overweight patients be treated with a medial open-wedge HTO? Risk factors for non-union. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2011;19:333-9.
273. Blanchard J, Lord G, Marotte J, Guillamon J, Besse J. Upper tibial osteotomy for degenerative arthritis of the knee with varus deformity.-A review of 250 cases.(author's transl). *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. 1979;65(4):209-19.
274. Vainionpää S, Länke E, Kirves P, Tiusanen P. Tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. A five to ten-year follow-up study. *JBJS*. 1981;63(6):938-46.
275. Siboni R, Joseph E. Introduction Histoire de l'ostéotomie autour du genou. 2021.
276. Siboni R, Beaufils P, Boisrenoult P, Steltzlen C, Pujol N. Ostéotomie tibiale de valgisation d'ouverture pour moyenne et grande correction sans greffe osseuse. Taux de pseudarthrose et facteurs de risque dans 41 cas. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. 2018;104(4):323-7.
277. Gouin F, Yaouanc F, Waast D, Melchior B, Delecric J, Passuti N. Open wedge high tibial osteotomies: calcium-phosphate ceramic spacer versus autologous bonegraft. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2010;96(6):637-45.
278. Jung W-H, Chun C-W, Lee J-H, Ha J-H, Kim J-H, Jeong J-H. Comparative study of medial opening-wedge high tibial osteotomy using 2 different implants. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2013;29(6):1063-71.
279. Brosset T, Pasquier G, Migaud H, Gougeon F. Opening wedge high tibial osteotomy performed without filling the defect but with locking plate fixation (TomoFix™) and early weight-bearing: prospective evaluation

- of bone union, precision and maintenance of correction in 51 cases. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2011;97(7):705-11.
280. Brinkman J-M, Lobenhoffer P, Agneskirchner J, Staubli A, Wymenga A, Van Heerwaarden R. Osteotomies around the knee: patient selection, stability of fixation and bone healing in high tibial osteotomies. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 2008;90(12):1548-57.
281. Staeheli JW, Cass J, Morrey B. Condylar total knee arthroplasty after failed proximal tibial osteotomy. *JBJS*. 1987;69(1):28-31.
282. Meding JB, Keating, Michael E, Ritter MA, Faris PM. Total Knee Arthroplasty After High Tibial Osteotomy.
283. Neyret P, Deroche P, Deschamps G, Dejour H. Prothèse totale du genou après ostéotomie tibiale de valgisation. Problèmes techniques. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. 1992;78(0007):00438-48.
284. BADET R. Titres et travaux scientifiques. 1933.
285. Mont MA, Marker DR, Seyler TM, Gordon N, Hungerford DS, Jones LC. Knee arthroplasties have similar results in high-and low-activity patients. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 2007;460:165-73.
286. Westrich GH, Peters LE, Haas SB, Buly RL, Windsor RE. *Patella Height After High Tibial Osteotomy With Internal Fixation and Early Motion*. Lippincott Williams & Wilkins, 1998.
287. Magyar G, Toksvig-Larsen S, Lindstrand A. Open wedge tibial osteotomy by callus distraction in gonarthrosis Operative technique and early results in 36 patients. 1998.
288. Primeau CA, Birmingham TB, Leitch KM, Willits KR, Litchfield RB, Fowler PJ, et al. Total knee replacement after high tibial osteotomy: time-to-event analysis and predictors. *Cmaj*. 2021;193(5):E158-E66.
289. Karabatsos B, Mahomed NN, Maistrelli GL. Functional outcome of total knee arthroplasty after high tibial osteotomy. *Canadian journal of surgery*. 2002;45(2):116.
290. Ehlinger M, D'Ambrosio A, Vie P, Leclerc S, Bonnomet F, Bonneville P, et al. Comparaison des prothèses totales de genou après ostéotomie tibiale de valgisation d'ouverture et de fermeture. À propos de 135 cas au recul minimum de 5 ans. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. 2017;103(7):744-9.
291. Micicoi G. Anatomie et bases biomécaniques des ostéotomies autour du genou 2021.
292. Fowler PJ, Tan JL, Brown GA. Medial opening wedge high tibial osteotomy: how I do it. *Operative techniques in sports medicine*. 2012;20(1):87-92.
293. Ahlback S. Osteoarthritis of the knee. A radiographic investigation. *Acta Radiol Diagn (Suppl)*. 1968;277:7-72.

Listes des Figures

Figure 1 L'Hippocratis ScammumG. Guidi (éd.), Hippocrate,.....	4
Figure 2 Rhea Barton (1794–1871 Figure 3 : Ostéotomie supracondylienne	5
Figure 4 . Double genu varum décrit par MacEwen.....	6
Figure 5 : Prise chronologique : L’histoire de l’ostéotomie	8
Figure 6 : Cartilage régulier de l’articulation de la hanche de 3 mm d’épaisseur.	9
Figure 7 : La zone matricielle cartilagineuse calcifiée des zones supérieures.	10
Figure 8 : Fissures profondes et perte sévère de cartilage.	10
Figure 9 : Vue antérieure du genou.....	11
Figure 10 : Vue médiale du genou	12
Figure 11 : Extrémité inférieure du fémur.....	13
Figure 12 : Cercle artériel anastomotique péri-patellaire	14
Figure 13 : plateaux tibiaux.....	15
Figure 14 Les ménisques interarticulaires.	16
Figure 15 : Attache méniscales	16
Figure 16 : Extrémité inférieure du fémur	17
Figure 17 : Articulation fémoro-patellaire .	
Figure 18-A Ligaments croisés et collatéraux sont croisés entre eux.	19
Figure 19 Croisement des LCA et LCP.....	20
Figure 20 : Position des ligaments croisés,	21
Figure 21 : Les ligaments croisés. F Netter.....	21
Figure 22 : Nerf sciatique est ces bifurcations	22
Figure 23 :Divergence des condyles fémoraux -Divergence des rayons de courbures	24
Figure 24 : Asymétrie de surface des compartiments fémoro-tibiaux.....	24
Figure 25 :Roulement–glissement lors de la flexion :	25
Figure 26 : Les centres instantanés, le roulement et le glissement.....	25
Figure 27 : Déplacement des ligaments croisés avec l’extension	27
Figure 28 les différents axes anatomiques et mécaniques (Tibia, fémur)	28
Figure 29 le centre de la hanche ,genou et la cheville.....	29
Figure 30 les différents angles des axes mécaniques	30
Figure 31 : La ligne de Mikulicz.....	31
Figure 32 : Définition des axes et des angles du membre inférieur.....	32
Figure 33 : Mesure de la déviation axiale corrigée selon Duparc-Massare.....	33
Figure 34 : Axes mécaniques et écarts varisants.....	34
Figure 35 : L’équilibre physiologique du genou, d’après Maquet P	35
Figure 36 : Articulation monocylindrique selon Maquet	36
Figure 37 : Articulation bi cylindrique selon Maquet P	36
Figure 38 : Répartition des contraintes selon Maquet	37
Figure 39 : Augmentation des contraintes, selon Maquet	37
Figure 40 : Contraintes exercées sur le genou en appui monopodal selon Maquet.....	38
Figure 41 : Les forces varisantes selon Thomine.	39
Figure 42 : Répartition des contraintes selon l’angle de flexion du genou selon Maquet	40
Figure 43 : Contraintes exercées sur le genou dans le plan sagittal, selon Maquet	41
Figure 44 : Répartition des contraintes durant le pas, chez le sujet normo axé (Harington)	42
Figure 45 : Répartition des contraintes durant le pas, chez le sujet en Genu varum (Harington)	43
Figure 46 : Diagramme des forces exercées sur le genou en Appui monopodal. (D’après Maquet).	44
Figure 47 : Genou varum instable d’après Maquet.....	45
Figure 48 : Variations du genu valgum	46
Figure 49 l’indice algo-fonctionnel de Lequesne.....	51

Figure 50 : Déviation Axiale Genu varum / Genu valgum.....	53
Figure 51 : Recherche d'un épanchement articulaire	53
Figure 52 : Mobilité du genou en décubitus dorsal	54
Figure 53 : Recherche d'une latéralité en valgus, genou en flexion de 20 à 30°.....	54
Figure 54 : Recherche d'un laxité antérieure.....	55
Figure 55 Radiographie A 30° déflexion SCHUSS	57
Figure 56 Incidence de face	58
Figure 57 classification D'Ahlback reprise et modifiée par H. Dejour.....	59
Figure 58 :classification selon vignon.....	60
Figure 59 : Index de Caton – Deschamps	61
Figure 60 : Différents axes de mesure de la pente tibiale	62
Figure 61 : Vue axiale à 30° de flexion	63
Figure 62 : Clichés dynamiques du genou.	64
Figure 63 : Pangonogramme en appui bipodal. Langlais	65
Figure 64 : Calcul de l'angle de Levigne et Dejour	66
Figure 65 : Ecarts varisants selon Thomine	68
Figure 66 : Planification opératoire.....	69
Figure 67 . EVI et EVG selon Thomine	71
Figure 68 : Mesures anatomiques (LDFA, MPTA, JLCA)	71
Figure 69 . Clichés pré et postopératoires ostéotomie tibiale de valgisation	73
Figure 70 : Déformation en valgus	74
Figure 71 : Ostéotomie fémorale.....	74
Figure 72 : Clichés pré- et postopératoires d'une ostéotomie tibiale de varisation	75
Figure 73 : Clichés pré et postopératoires d'une double ostéotomie fémorale et tibiale	76
Figure 74 : Calcul des pourcentages de passage du MAD	78
Figure 75 : Analyse du point de passage de la ligne de Mikulicz sur le plateau tibial.....	79
Figure 76 . Origine mixte d'un varus global :	80
Figure 77 : Exemple d'un plan de coupe idéal fémoral latéral :	82
Figure 78 : Erreur dans la réalisation d'une ostéotomie fémorale	83
Figure 79 : Exemple d'une fermeture oblique fémorale latérale	83
Figure 80 ; Impact de la position de la charnière sur la pente tibiale.....	85
Figure 81 : Impact de l'ouverture d'une ostéotomie tibiale de valgisation sur la hauteur patellaire.....	86
Figure 82 : Installation du patient.....	87
Figure 83 : Incision cutanée OTV ouverture interne. Incision transversale du LLI superficiel.....	87
Figure 84 . L'incision, en regard des muscles de la patte-d'oie.	88
Figure 85 : La direction du trait d'ostéotomie	89
Figure 86 : Tracé du timbre-poste sur la corticale postérieure	90
Figure 87 : Diminution des contraintes à l'apex de l'ostéotomie	91
Figure 88 : Position des vis par rapport aux vaisseaux	93
Figure 89 : Installation du patient en décubitus dorsal.....	94
Figure 90 : Repères d'incision	96
Figure 91 : L'importance du risque de lésion du nerf fibulaire	96
Figure 92 : Arthrolyse tibiofibulaire supérieure	99
Figure 94 Coin osseux monobloc soustrait de la métaphyse.....	100
Figure 95 Réalisation des deux traits d'ostéotomie	100
Figure 96 Positionnement de la plaque d'ostéosynthèse métaphysaire.....	102
Figure 97 : Contrôle radiographique postopératoire immédiat de face et de profil.....	103
Figure 98 . Contrôle radiographique de la consolidation osseuse	103
Figure 99 Classification de Takeuchi des fractures de charnière tibiales après OTVO	104

Figure 100 : Classification des fractures de charnière tibiales après OTVF,	105
Figure 101 Représentation schématique de la « zone de sécurité ».	106
Figure 102 Représentation 3D d'une ostéotomie tibiale par ouverture interne	106
Figure 103 : Protocole de prise en charge des complications infectieuses.....	110
Figure 104 : Installation du patient.....	121
Figure 105 : incision longitudinale antéro-médiane	121
Figure 106 : Exposition de tibia proximale	122
Figure 107 : Introduction des broches guides sous contrôle scopique.	122
Figure 108 : Introduction des différents ostéotome sous contrôle scopique (ouverture).	123
Figure 109 : Mise en place de coin	124
Figure 110 : ostéosynthèse par plaque à vis verrouillée.....	124
Figure 111 :Radiographie du contrôle d'OTVO.....	125
Figure 113 : Ostéotomie de la fibula	127
Figure 115 Exposition du Gerdy	128
Figure 116 : Utilisation d'une règlette	129
Figure 117 : Introduction des 2 broches guide sous contrôle scopique.....	130
Figure 118 : Résection du coin osseux externe	131
Figure 119 : mise en place de la plaque et contrôle scopique	132
Figure 120 : Fermeture sur drain aspiratif et contrôle radiologique.....	132
Figure 121 : Répartition des patients selon le genre pour les deux techniques	137
Figure 122 : Répartition selon l'âge.....	138
Figure 123 : Répartition selon l'IMC.....	139
Figure 124 : Répartition des patients selon le coté opéré.....	140
Figure 125 : Répartition des patients selon le coté opéré.....	141
Figure 126 : Répartition des patients selon le score ASA.....	142
Figure 127 : Répartition selon l'antécédents médicaux des patients.....	143
Figure 128 : Répartition selon l'étiologie	144
Figure 129 : Répartition selon l'origine de l'arthrose.	145
Figure 130 : Répartition selon le nombre des deux techniques par an.....	146
Figure 131 : Répartition des deux techniques par an.	146
<i>Figure 132</i> :Répartition du score de Charnley.....	148
<i>Figure 133</i> :Répartition du score de Devane	149
<i>Figure 134</i> :Répartition selon la mobilité articulaire	150
<i>Figure 135</i> Répartition selon le flessum préopératoire selon la technique	151
Figure 136 Répartition de score HSS	152
<i>Figure 137</i> Répartition des scores d'oxford préopératoire.	153
<i>Figure 138</i> Répartition du score KOOS pré-opératoire.	154
<i>Figure 139</i> Répartition selon la classification d'Ahlback.....	155
<i>Figure 140</i> Répartition selon la classification d'Iwano.....	156
Figure 141 Répartition des interventions	160
Figure 142 Répartition des patients selon le type d'anesthésie	161
<i>Figure 143</i> Répartition selon le temps opératoire	161
Figure 144 Répartition selon la durée d'hospitalisation	162
Figure 145 Répartition selon l'évolution du score Charnley.	163
Figure 146 Répartition selon l'évolution du score de Devane.....	164
Figure 147 Répartition selon la mobilité articulaire postopératoire	165
Figure 148 Flessum postopératoire.....	166
Figure 149 Répartition postopératoire du score HSS	167
Figure 150 Répartition postopératoire du score KOOS.....	168
Figure 151 Répartition selon le score d'oxford postopératoire.....	169

Figure 152 Evaluation de l'arthrose fémoro-tibiale postopératoire.....	170
Figure 153 Evaluation de l'arthrose fémoropatellaire postopératoire.....	171
Figure 154 Evaluation de l'angle de correction postopératoire	173
Figure 155 Evaluation de l'angle HKI.....	174
Figure 156 Evaluation de l'angle AKI.....	175
Figure 157 Evaluation de pente tibiale postopératoire.....	176
Figure 158 Evaluation de la hauteur patellaire postopératoire	177
Figure 159 Radiographie d contrôle d'OTVO à J 1	179
Figure 160 Radiographie du contrôle d'OTVF a j 1	179
Figure 161 Taux de survie des ostéotomie OTVO et OTVF	180
Figure 162 Evolution des scores fonctionnels en fonction de l'âge.....	181
Figure 163 Evolution des scores fonctionnels en fonction du sexe	182
Figure 164 Evolution des scores fonctionnels en fonction de l'IMC	183
Figure 165 Répartition des scores fonctionnels postopératoire selon Devane initial.....	184
Figure 166 Répartition des scores fonctionnels postopératoire selon le stade de Charnley initial.	185
Figure 167 Répartition des scores fonctionnels postopératoires selon le stade d'Ahlback initial.	186
Figure 168 Répartition des scores fonctionnels postopératoire selon le stade Iwano initial.	187
Figure 169 Evaluation des corrections angulaires et HKA postopératoire selon les scores fonctionnels	188
Figure 170 La fiche d'évaluation technique	263

Listes des Tableaux

Tableau 1 : Score de la sévérité radiologique de la gonarthrose de Kellgren-Lawrence	3
Tableau 2 : Cahiers des charges de l'installation pour une OTVF et les astuces pour la réalisation.....	95
Tableau 3 : Cahier des charges pour la voie d'abord.....	97
Tableau 4 : Avantages et inconvénients de la gestion de l'articulation tibio-fibulaire proximale	98
Tableau 5 : Cahier des charges pour une gestion idéale de l'articulation tibio-fibulaire proximale.....	98
Tableau 6 Protection du nerf fibulaire commun.....	99
Tableau 7 Règles à appliquer afin de diminuer le risque de fracture de charnière médiale dans l'OTVF	101
Tableau 8 Incidence et points clés des principales complications secondaires	112
Tableau 9 : IMC selon l'OMS	120
Tableau 10 : les scores HSS KOOS	Tableau 11 : le Score Oxford.....
Tableau 12 : <i>Score Charnley</i>	134
Tableau 13 : <i>Score de Devane</i>	134
Tableau 14 : <i>Répartition selon le sexe</i>	137
Tableau 15 : <i>Répartition selon l'âge</i> :	138
Tableau 16 <i>Répartition selon l'IMC</i>	139
Tableau 17 : <i>Répartition selon le genou atteint</i>	140
Tableau 18 : <i>Répartition selon le score ASA</i>	141
Tableau 19 : <i>Répartition selon les antécédents médicaux des patients</i>	142
Tableau 20 : <i>Répartition selon les antécédents chirurgicaux</i>	144
Tableau 21 : <i>Résumé de l'ensemble des variables démographiques de la population étudiée</i>	147
Tableau 22 : <i>Répartition selon le score de Charnley</i>	148
Tableau 23 : <i>Répartition selon le score de Devane</i>	149
Tableau 24 : <i>Répartition selon la mobilité articulaire</i>	150
Tableau 25 : <i>Répartition selon le flessum articulaire</i>	151
Tableau 26 : <i>Répartition selon le score HSS préopératoire</i>	152
Tableau 27 : <i>Répartition selon le score Oxford Préopératoire</i>	153
Tableau 28 : <i>Répartition selon le score KOOS préopératoire</i>	154
Tableau 29 : <i>Classification d'Ahlback</i>	155
Tableau 30 : <i>Répartition de l'arthrose fémoropatellaire selon la classification d'Iwano</i>	156
Tableau 31 : <i>Mesure Goniométrique HKA préopératoire</i>	157
Tableau 32 : <i>Répartition selon le degré de la pente tibiale</i>	158
Tableau 33 : <i>Mesure de la hauteur patellaire selon Caton-Deschamps</i>	158
Tableau 34 : <i>Tableau récapitulatif des données cliniques, fonctionnelles et radiologiques</i>	159
Tableau 35 : <i>Répartition selon le type d'anesthésie</i>	160
Tableau 36 : <i>Répartition selon le temps opératoire</i>	161
Tableau 37 : <i>Répartition selon la durée d'hospitalisation</i>	162
Tableau 38 <i>Répartition selon le score de Charnley</i>	162
Tableau 39 <i>Répartition selon le score de Devane postopératoire</i> :	163
Tableau 40 <i>Répartition selon le degré de mobilité articulaire</i>	165
Tableau 41 <i>Flessum postopératoire</i>	166
Tableau 42 <i>Répartition selon le score HSS</i>	167
Tableau 43 <i>Répartition selon le score KOOS</i>	168
Tableau 44 <i>Répartition selon le score d'oxford</i>	169
Tableau 45 <i>Répartition selon l'angle HKA</i>	172
Tableau 46 <i>Evaluation de l'angle HKI</i>	173
Tableau 47 <i>Evaluation de l'angle AKI</i>	174

Tableau 48 Evaluation de la pente tibiale	175
Tableau 49 Evaluation de la hauteur patellaire	176
Tableau 50 Complications postopératoires.	178
Tableau 51 Score fonctionnelle (HSS- KOOS- OXFORD).	181
Tableau 52 évaluation des scores en fonction du sexe	182
Tableau 53 Evaluation des scores en fonction de l'IMC	183
Tableau 54 Répartition des scores fonctionnels postopératoire selon Devane initial	184
Tableau 55 Répartition des résultats en fonction du score de Charnley	185
Tableau 56 Evolution des scores en fonction de l'atteinte fémorotibiale	186
Tableau 57 Evolution des scores en fonction de l'atteinte fémoropatellaire	187
Tableau 58 Evaluation des corrections angulaires et HKA postopératoire selon les scores fonctionnels : ...	188
Tableau 59 Les résultats cliniques des OTVO et ou OTVF dans la littérature	192
Tableau 60 Résultats fonctionnels des OTVF dans la littérature.	195
Tableau 61 : Résultats fonctionnels des OTVO vs OTVF dans la littérature.	201
Tableau 62 : Taux de survie des OTV dans la littérature.	202
Tableau 63 : Survie des OTV dans la littérature	204
Tableau 64 : Répartition selon le stade d'Ahlback des déférentes séries :	209
Tableau 65 : Facteurs de risque d'échec des OTV dans la littérature	217

Le scores HSS / 100 points (Annexe 1)

Douleurs au repos (15pts)		
nulle (15 pts)	modérée (10 pts)	importante (0 pts)
Douleurs à la marche (15 pts)		
nulle (15 pts)	modérée (10 pts)	importante (0 pts)
Marche (12 pts)		
illimitée (12 pts)	>500 m (10 pts)	< 500 m (8 pts)
Relèvement (5pts)		
normal (5 pts)	avec aide (2 pts)	impossible (0 pts)
Escaliers (5 pts)		
normal (5 pts)	avec rampe (2 pts)	impossible (0 pts)
Mobilité en flexion (18 pts)		
0-8° (0 pts)	56-64° (7 pts)	104-112° (13 pts)
8-16° (1 pts)	64-72° (8 pts)	112-120° (14 pts)
16-24° (2 pts)	72-80° (9 pts)	120-128° (15 pts)
24-32° (3 pts)	80-88° (10 pts)	128-136° (16 pts)
32-40° (4 pts)	88-96° (11 pts)	136-144° (17 pts)
40-48° (5 pts)	96-104° (12 pts)	>144° (18 pts)
Force musculaire (10 pts)		
normale (10 pts)	contre résistance (8 pts)	contre pesanteur (4 pts)
Flessum (10 pts)		
absent (10 pts)	0-5 ° (8 pts)	>5 ° (0 pts)
Instabilité (10 pts)		
absence (10 pts)	importante (5 pts)	sévère (0 pts)
modérée (8 pts)		
Points négatifs		
1 canne occasionnelle (- 1 pts)	1 canne souvent (- 2 pts)	2 cannes (- 3 pts)

Ce questionnaire vous demande votre opinion sur votre genou. Il nous permettra de mieux connaître ce que vous ressentez et ce que vous êtes capable de faire dans votre activité de tous les jours. Répondez à chaque question. Veuillez cocher une seule case par question. En cas de doute, cochez la case qui vous semble la plus adaptée à votre cas.

Symptômes

Ces questions concernent vos symptômes au cours des huit derniers jours.

S1. Est-ce que votre genou gonfle ?

Jamais Rarement Parfois Souvent Tout le temps

S2. Ressentez-vous des ou entendez-vous des craquements ou n'importe quel autre type de bruit en bougeant le genou ?

Jamais Rarement Parfois Souvent Toujours

S3. Est-ce que votre genou accroche ou se bloque en bougeant ?

Jamais Rarement Parfois Souvent Toujours

S4. Pouvez-vous étendre votre genou complètement ?

Toujours Souvent Parfois Rarement Jamais

S5. Pouvez-vous plier votre genou complètement ?

Toujours Souvent Parfois Rarement Jamais

Raideur

Ces questions concernent la raideur de votre genou au cours des huit derniers jours.

La raideur est la sensation d'avoir du mal à bouger le genou.

S6. Le matin au réveil, la raideur de votre genou est :

Absente Légère Modérée Forte Extrême

S7. Après être resté(e) assis(e), couché(e), ou au repos pendant la journée, la raideur de votre genou est :

Absente Légère Modérée Forte Extrême

Douleur

P1. Avez-vous souvent mal au genou ?

Jamais Une fois par mois Une fois par semaine Tous les jours Tout le temps

Au cours des huit derniers jours, quelle a été l'importance de votre douleur du genou en faisant les activités suivantes ?

P2. En tournant, pivotant sur votre jambe

Absente Légère Modérée Forte Extrême

P3. En étendant complètement le genou

Absente Légère Modérée Forte Extrême

P4. En pliant complètement le genou

Absente Légère Modérée Forte Extrême

P5. En marchant sur un terrain plat

Absente Légère Modérée Forte Extrême

P6. En montant ou en descendant les escaliers

Absente Légère Modérée Forte Extrême

P7. Au lit la nuit

Absente Légère Modérée Forte Extrême

P8. En restant assis(e) ou couché(e)

Absente Légère Modérée Forte Extrême

P9. En restant debout

Absente Légère Modérée Forte Extrême

Fonction, vie quotidienne

Les questions suivantes concernent ce que vous êtes capable de faire. Au cours des huit derniers jours, quelle a été votre difficulté pour chacune des activités suivantes?

A1. Descendre les escaliers

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A2. Monter les escaliers

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A3. Vous relevez d'une position assise

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A4. Rester debout

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A5. Vous penchez en avant pour ramasser un objet

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A6. Marcher sur un terrain plat

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A7. Monter ou descendre de voiture

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A8. Faire vos courses

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A9. Mettre vos chaussettes ou vos collants

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A10. Sortir du lit

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A11. Enlever vos chaussettes ou vos collants

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A12. Vous retournez ou gardez le genou dans la même position en étant couché(e)

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A13. Entrer ou sortir d'une baignoire

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A14. Rester assis(e)

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A15. Vous asseoir ou vous relever des toilettes

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A16. Faire de gros travaux ménagers (déplacer des objets lourds, récurer les sols,...)

Absente Légère Modérée Forte Extrême

A17. Faire des petits travaux ménagers (faire la cuisine, faire la poussière,...).

Absente Légère Modérée Forte Extrême

Activités, sport et loisirs

Les questions suivantes concernent ce que vous êtes capable de faire au cours d'autres activités. Au cours des huit derniers jours, quelle a été votre difficulté pour les activités suivantes ?

SP1. Rester accroupi(e)

Absente Légère Modérée Forte Extrême

SP2. Courir

Absente Légère Modérée Forte Extrême

SP3. Sauter

Absente Légère Modérée Forte Extrême

SP4. Tourner, pivoter sur votre jambe

Absente Légère Modérée Forte Extrême

SP5. Rester à genoux

Absente Légère Modérée Forte Extrême

Qualité de vie

Q1. Pensez-vous souvent à votre problème de genou ?

Jamais Une fois par mois Une fois par semaine Tous les jours Tout le temps

Q2. Avez-vous modifié votre façon de vivre pour éviter les activités qui pourraient aggraver votre problème de genou ?

Pas du tout Un peu Modérément Beaucoup Totalement

Q3. Est-ce qu'un manque de confiance dans votre genou vous gêne ?

Pas du tout Un peu Modérément Beaucoup Totalement

Q4. Finalement, êtes-vous gêné(e) par votre genou ?

Pas du tout Un peu Modérément Beaucoup Extrêmement

Le score Oxford /60 points (Annexe 3)

Au cours des 4 dernières semaines :

1) Avez-vous ressenti une douleur au niveau du genou ?

- aucune
- très faible
- faible
- modérée
- sévère

2) Votre genou vous a-t-il gêné pour vous laver ou vous essuyer ?

- absolument pas
- très légèrement
- modérément
- beaucoup
- impossibilité de réaliser ces gestes

3) Avez-vous été gêné pour monter ou descendre de votre voiture, ou pour prendre les transports en commun (avec ou sans béquilles) ?

- absolument pas
- très légèrement
- modérément
- beaucoup
- impossibilité de réaliser ces gestes

4) Combien de temps pouviez-vous marcher sans que la douleur ne devienne trop importante ?

- plus de 60 min
- 16 à 60 min
- 5 à 15 min
- seulement autour de la maison
- douleur immédiate à la marche

5) Etait-ce douloureux lorsque vous vous levez de table ?

- absolument pas
- très légèrement
- modérément
- très douloureux
- insupportable

6) Avez-vous boité en marchant ?

- rarement / jamais
- parfois ou seulement au début
- souvent et pas seulement au début
- la plupart du temps
- en permanence

7) Pouvez-vous vous agenouiller et vous relever par la suite ?

- oui, facilement
- avec un peu de mal
- avec difficulté
- très difficilement
- non, impossible

8) Avez-vous été gêné par une douleur le soir dans votre lit ?

- pas du tout
- seulement 1 ou 2 fois
- parfois
- la plupart du temps
- chaque nuit

9) A quel point la douleur vous a-t-elle incommodé dans votre travail ? (y compris tâches ménagères)

- pas du tout
- un peu
- modérément
- beaucoup
- travail impossible

10) Avez-vous senti que votre genou pouvait soudainement lâcher ou se dérober ?

- rarement / jamais
- parfois ou seulement au début
- souvent et pas seulement au début
- la plus part du temps
- tout le temps

11) Pouvez-vous faire les courses sans l'aide de quelqu'un ?

- oui, facilement
- avec un peu de mal
- avec difficulté
- très difficilement
- non, impossible

12) Pouvez-vous descendre un escalier ?

- oui, facilement
- avec un peu de mal
- avec difficulté
- très difficilement
- non, impossible

La fiche d'évaluation technique (Annexe 4)

Fiche de renseignement de patient :

NOM : prénom : taille : pds : BMI :
Age :

ATCDS : Médicaux : Chirurgicaux :

Traitements ultérieurs

Traitements en cours :

Score ASA :

Type d'anesthésie : -AG -Rachi anesthésie - Bloc anesthésique

Fiche d'évaluation :

1- Préopératoire

❖ CLINIQUE :

- Douleur : repos marche
 - Siege
 - Evolution
 - Délai d'apparition
 - Type
 - Coté : (droit - gauche – bilatéral)
 - Périmètre de marche
 - Port de tuteur externe : oui / non type :
 - Boiterie
 - Gène dans les escaliers : (montée – descente)
- Existence d'un syndrome fémoro-patellaire : (Classification d'Iwano).
- Accroupissement – relèvement
- Flessum
- Mobilité : passive /active
- Laxité : périphérique /centrale
- Force musculaire : amyotrophie du quadriceps
- Gestes de la vie courante : toilette, prière, laçage...
- Les scores fonctionnels :

-	Les Scores fonctionnelles	
-	Charnley	Catégorie (A,B,ou C)
-	Devane	./5
-	HSS	/100
-	KOOS	/100
-	Oxford	/60

❖ DESCRIPTION RADIOLOGIQUE :

- Compartiment fémorotibial interne
- Compartiment fémorotibial externe
- Compartiment fémoro-patellaire
- Classification d'Ahlback :

- Classification d'Iwano :
- Indice de Caton-Deschamps :
- Cupule d'usure :
- Valeur de la déviation angulaire : HKA HKI AKI
- Pente tibiale :
- Ecart varisants :

2- POST-OPERATOIRE :

❖ Clinique :

- Evaluation des scores fonctionnels en postopératoire

-	Les Scores fonctionnelles	
-	Charnley	Catégorie (A, B, ou C)
-	Devane	./5
-	HSS	/100
-	KOOS	/100
-	Oxford	/60

- Déambulation
- Appui : -triché - complet.
- L'existence ou non des complications peropératoire (fracture de charnière, lésions de SPE...) ou postopératoire (embolie, thrombose veineuse, pseudarthrose, cal vicieuse ...)

❖ Radiologique :

- Consolidation :
- Classification d'Ahlback :
- Classification d'Iwano :
- Valeurs des déviations angulaires : HKA HKI AKI
- Pente tibiale :
- Indice de Caton-Deschamps :
- Compartiment fémoro-tibial externe :

Figure 168 La fiche d'évaluation technique

Abréviations :

- **LCM** : Ligament collatéral médial
- **LCL** : Ligament collatéral latéral
- **LCAE** : **Ligament** croisé antéro-externe
- **LCPI** : **Ligament** croisé postéro-interne
- **PAPE** : Point d'angle postéro-externe
- **PAPI** : Point d'angle postéro-inter
- **MLDFA** l'angle fémoral distal latéral (mécanique)
- **MPTA** : Médial Proximal Tibial Angle
- **EVE** : Ecart varisant extrinsèque
- **EVI** : Ecart varisant intrinsèque
- **EV** : Ecart varisant
- **DAC** : Déviation angulaire corrigée
- **DAG** : Déviation angulaire globale
- **DAP** : Déviation angulaire physiologique
- **ADAPT** : Arthritis, Diet and Activity Promotion Trial
- **NHANES** : National Health and Nutrition Examination Survey
- **GDF5** : *growth differentiation factor 5*
- **JLCA** : Joint Line Convergence Angle
- **LLI** : ligament latéral interne
- **OTV** : Ostéotomie tibiale de valgisation
- **OTVF** : Ostéotomie tibiale de valgisation par fermeture latérale
- **OTVO** : Ostéotomie tibiale de valgisation par ouverture interne
- **SDCR** : Syndrome douloureux complexe régional
- **TENS** : Trans-cutaneous Electrical Nerve Stimulation
- **HSS** : Hospital for Special Surgery
- **KOOS** : The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score
- **IMC** : Indice de masse corporelle
- **AKI** : Angle tibial mécanique
- **HKI** : Angle fémoral mécanique
- **PTG** : Prothèse totale du genou
- **DMO** : Densité minérale osseuse
- **AUC** : Arthroplastie uni-compartimentale
- **CAO** : Chirurgie assistée par ordinateur
- **IKS** : International Knee Society
- **KSS** : Knee Society Scoring System
- **PUC** : Prothèse unicompartmentale
- **SFA** : Société Française d'Arthroscopie.
- **SOFCOT** : Société Française de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie.
- **CAO** : Chirurgie assistée par ordinateur

RESUMÉ

Introduction : les ostéotomies pour gonarthrose sont pratiquées depuis plus d'un demi-siècle et ont fait la preuve qu'elles pouvaient stabiliser le processus arthrosique. Ces opérations sont en compétition avec les arthroplasties partielles ou totales qui sont de plus en plus fiables. Pourtant, les prothèses ne sont pas encore capables de supporter durablement une activité importante et, chez les sujets jeunes, les ostéotomies restent l'indication de choix. Plusieurs techniques d'ostéotomie tibiale sont susceptibles d'apporter d'excellents résultats à long terme dans le genu varum, les additions internes, les soustractions externes. Chaque technique présente des avantages et des inconvénients et il est utile de savoir les pratiquer toutes.

Les objectifs de cette étude prospective sont de comparer les résultats cliniques et radiologiques des ostéotomies tibiales de valgisation par addition interne (OTVO) ou soustraction externe (OTVF), d'identifier les particularités, les difficultés, les limites de chaque technique et les indications propres à chaque type d'ostéotomie. Cette étude vise à prouver l'efficacité ou non des ostéotomies de valgisation tibiale dans le traitement conservateur de la gonarthrose sur genu varum.

MATERIELS ET METHODES : Il s'agit d'une étude prospective randomisée et contrôlée, effectué sur 76 patients répartie en deux groupes : OTVO (38 patients) et OTVF (38 patients) de septembre 2020 jusqu'au Avril 2023. Les critères d'inclusion étaient : L'arthrose unicompartimentale médiale stades I, II et III d'AhLBACK. L'âge entre 27-70 ans. Aucune différence significative entre les deux groupes n'a été notée en ce qui concerne les caractéristiques démographiques à savoir : l'Age moyenne (OTVO:55,95 ;OTVF :54,92), sexe ($p=0.255$), BMI : OTVO :28,26 (22-32) et OTVF :28,36(22-31). Aucune différence statistiquement significative n'a été noté concernant les caractéristiques cliniques et/ou fonctionnelles de notre série; 60,6 % des OTVO ainsi que 71,0% des OTVF ont une atteinte unilatérale (Charnley A), 84,2% des OTVO et 94,9% des OTVF sont semi-sédentaires avec une activité plus modérée (catégorie 2 de Devane) ; la mobilité moyenne préopératoire est de 98,68°: OTVO et 99,6°: OTVF ; 82% des OTVO et 92% des OTVF ont un flessum de 5-10° en préopératoire ; l'HSS préopératoire est moyen (60-69) dans les 2 groupes ; 55,2% des patients du groupe OTVO et 42,2% du groupe OTVF ont un KOOS moyen à modéré (60-69). Le score d'Oxford OTVO est de 24,11 (19-27) et le score OTVF de 23,0 (20-27) ; 65,8% des patients du groupe OTVO et 81,6% des OTVF ont une arthrose stade III d'AhLback. Plus de 76 % des patients de groupe OTVO et plus du 76 % du groupe OTVF, avaient un début d'arthrose fémoropatellaire au stade I d'Iwano ; L'angle HKA moyen préopératoire du groupe OTVO est de 169,16° (160°-175°) Celui du groupe OTVF de 162,67° (160°- 175°), Le recul moyen est de 24 (12-36) mois.

Résultats : En postopératoire et au dernier recul, on ne retrouve pas de différence significative entre les deux groupes concernant les scores (Charnley, KOOS, HSS, Oxford), ainsi que les complications peropératoire ou postopératoire, aucune détérioration de comportement externe ou fémoro-patellaire dans les 2 groupes. Cependant on retrouve une différence entre les deux groupes concernant l'angle HKA postopératoire et le score Devane en faveur de OTVF. Aucune différence concernant les résultats de la mobilité articulaire et flessum postopératoire. Le taux de survie est de 100% de 2 à 3ans pour les deux groupes OTVO et OTVF.

Discussion : L'ostéotomie de valgisation tibiale par addition interne (ouverture) OTVO ou par soustraction externe (fermeture) OTVF sont deux approches conservatrices privilégiées pour traiter la gonarthrose fémoro-tibiale sur genu varum. Malgré la disponibilité d'un nombre considérable d'études, la comparaison et la synthèse des résultats restent un défi en raison des variations dans les systèmes et les techniques d'évaluation utilisés. Toutefois, de manière générale, les études sur l'OTV rapportent des résultats positifs à long terme lorsque les patients sont sélectionnés correctement et que la technique chirurgicale est précise. Le choix entre une ostéotomie tibiale de valgisation par addition interne (OTVO) ou soustraction externe (OTVF) peut être sujet à débat parmi les chirurgiens orthopédistes. Chaque technique présente des avantages et des inconvénients, et la décision finale dépendra de plusieurs facteurs, y compris **les préférences du chirurgien, la situation clinique du patient**. En faveur des OTVF est la **facilité de consolidation**. ; en sa défaveur, le risque de résection osseuse trop importante difficile à rattraper et le problème posé par le péroné. En faveur des OTVO la possibilité permanente de modifier la correction jusqu'à la décision définitive ; en sa défaveur, les problèmes de consolidation rendant souvent nécessaire une greffe osseuse pour combler le vide créé par l'ouverture.

Conclusion : L'étude présentée met en lumière l'efficacité de l'ostéotomie tibiale de valgisation comme traitement conservateur de la gonarthrose sur genu varum par addition interne (OTVO) ou soustraction externe (OTVF) et comme traitement alternative à l'arthroplastie totale du genou. Cette intervention chirurgicale permet non seulement de retarder la nécessité d'une prothèse totale du genou, mais aussi d'obtenir de bons résultats fonctionnels et de permettre aux patients actifs de reprendre leurs activités professionnelles et sportives. Avec un taux de survie de 100% à 3 ans, 95% à 5 ans et 89% à 10 ans, il est justifié de recommander l'OTVO ou OTVF à des patients âgés de (20 à 70 ans) présentant une gonarthrose fémoro-tibiale médiale du stade modérée (I, II ou III selon Ahlback).

Mots clés : Ostéotomie OTVO OTVF HKA Gonarthrose Ahlback

Abstract

Introduction: Osteotomies for osteoarthritis have been performed for over half a century, and have been shown to stabilize the arthrosis process. These operations are in competition with partial or total arthroplasties, which are becoming increasingly reliable. However, prostheses are not yet capable of sustaining high levels of activity, and osteotomies remain the indication of choice in young patients. Several tibial osteotomy techniques are likely to deliver excellent long-term results in genu varum, medial opening or lateral closing, each technique has its advantages and disadvantages, and it is useful to know how to use them all. The aims of this prospective study are to compare the clinical and radiological results of high tibial osteotomy HTO (medial opening or lateral closing) used in the treatment of medial compartment osteoarthritis, to identify the particularities, difficulties and limitations of each technique, and the indications specific to each type of osteotomy. The aim of this study is to demonstrate the efficacy or otherwise of high tibial osteotomies in the conservative treatment of medial compartment osteoarthritis

MATERIALS AND METHODS : This is a prospective, randomized, controlled study of 76 patients split into two groups: OWHTO (38 patients) and CWHTO (38 patients) from September 2020 to April 2023. The inclusion criteria were: Medial osteoarthritis AHLBACK stages I, II and III, upper age between 27 and 70 years. There were no significant differences between the two groups in terms of demographic characteristics: mean age (OWHTO:55.95 ;CWHTO :54.92), sex ($p=0.255$), IMC: OWHTO :28.26 (22-32) and CWHTO :28.36 (22-31). No statistically significant differences were noted in the clinical and/or functional characteristics of our series: 60.6% of OWHTO and 71.0% of CWHTO had unilateral involvement (Charnley A), 84.2% of OWHTO and 94.9% of CWHTO were semi-sedentary with more moderate activity (Devane Stage 2); mean preoperative mobility was 98.68° : OWHTO and 99.6° : CWHTO; 82% of OWHTO and 92% of CWHTO have a preoperative flexion of 5-10°; preoperative HSS is average (60-69) in both groups; 55.2% of patients in the OWHTO group and 42.2% in the CWHTO group have an average to moderate KOOS (60-69). The Oxford OWHTO score was 24.11 (19-27) and the CWHTO score 23.0 (20-27); 65.8% of OWHTO and 81.6% of CWHTO patients had Ahlback stage III osteoarthritis. Over 76% of patients in the OWHTO, and over 76% in the CWHTO, had onset of femoropatellar osteoarthritis had early IWANO stage I femoropatellar osteoarthritis; the mean preoperative HKA angle in the OWHTO was 169.16° (160° - 175°) in the CWHTO 162.67° (160° - 175°), mean follow-up 24 (12-36) months.

Results: Postoperatively and at final follow-up, there was no significant difference between the two groups in terms of scores (Charnley, KOOS, HSS, Oxford), intraoperative or postoperative complications, and no deterioration in external or patellofemoral behaviour in the 2 groups. However, there was a difference between the two groups in terms of postoperative HKA angle and Devane score, in favour of CWHTO. There was no difference in the results of joint mobility and postoperative flexion. The survival rate was 100% at 2 to 3 years for both the OTVO and OTVF groups.

Discussion : Opening wedge high tibial osteotomy OHTO and closing lateral Wedge CWHTO are the two preferred conservative approaches for treating varus femorotibial rthrosis. Despite the availability of a considerable number of studies, comparing and synthesising results remains a challenge due to variations in the evaluation systems and techniques used. However, in general, studies on HTO report positive long-term results when patients are correctly selected and the surgical technique is precise. The choice between High tibial osteotomy by Opening (OWHTO) or Closing (CWHTO) can be a matter of debate among orthopaedic surgeons, each technique has advantages and disadvantages, and the final decision will depend on a number of factors, including the surgeon's preference and the patient's clinical situation. In favour of CWHTO is the ease of consolidation; against, the risk of excessive bone resection that is difficult to make up for, and the problem posed by the fibula. In favour of the OWHTO is the permanent possibility of modifying the correction during the course of a surgical operation; against it are the problems of consolidation, often necessitating a bone graft to fill the void created by the opening.

Conclusion : This study highlights the efficacy of high tibial osteotomy HTO as a conservative treatment for medial osteoarthritis of the knee by opening wedge (OWHTO) or Closing wedge (CWHTO), and as an alternative to total knee arthroplasty. This surgical procedure not only delays the need for a total knee replacement, but also achieves good functional results and enables active patients to resume their professional and sporting activities. With a survival rate of 100% in 3 years, 95% in 5 years and 89% in 10 years, there is every reason to recommend OWHTO or CWHTO to patients aged between 20 and 70 with a moderate stage medial osteoarthritis (I, II or III stage of Ahlback).

Keywords : HTO OWHTO CWHTO Knee HKA Osteoarthritis

ملخص

مقدمة: تم إجراء عمليات قطع العظام لعلاج التهاب مفاصل الركبة لأكثر من نصف قرن وأثبتت قدرتها على تثبيت عملية هشاشة العظام. تتنافس هذه العمليات مع عمليات استبدال المفاصل الجزئية أو الكلية والتي يمكن الاعتماد عليها بشكل متزايد. ومع ذلك، فإن الأطراف الاصطناعية ليست قادرة بعد على الحفاظ على نشاط كبير، وعند الأشخاص الصغار، تظل عمليات قطع العظام هي المؤشر المفضل. من المرجح أن توفر العديد من تقنيات قطع العظم الظنوبي نتائج ممتازة على المدى الطويل في تقوس الركبة، والإضافات الداخلية، والطرح الخارجي. كل تقنية لها مزايا وعيوب ومن المفيد معرفة كيفية القيام بها جميعاً.

أهداف هذه الدراسة المستقبلية هي مقارنة النتائج السريرية والإشعاعية لقطع عظم أرواح الظنوب عن طريق الإضافة الداخلية (OTVO) أو الطرح الخارجي (OTVF)، لتحديد الخصائص والصعوبات وحدود كل تقنية والمؤشرات المحددة لها كل نوع من قطع العظم. تهدف هذه الدراسة إلى إثبات فعالية أو عدم فعالية قطع عظم الظنوب في العلاج المحافظ علي الركبة لداء خشونة مفصل الركبة.

المواد والطرق: هذه دراسة عشوائية ومراقبة مستقبلية، تم إجراؤها على 76 مريضاً مقسمين إلى مجموعتين OTVO: (38 مريضاً) و OTVF (38 مريضاً) من سبتمبر 2020 حتى أبريل 2023. وكانت معايير الاشتمال هي: التهاب المفاصل العظمي الإنسي أحادي الحيز المراحل الأولى والثانية والثالثة من AHLBACK العمر بين 27-70 سنة. لم يلاحظ أي فرق كبير بين المجموعتين فيما يتعلق بالخصائص الديموغرافية، وهي: متوسط العمر (OTVO: 55.95)؛ (OTVF: 54.92)، الجنس (ع = 0.255)، مؤشر كتلة الجسم (22-32) OTVO: 28.26؛ (OTVF: 28.36) (22-31) ولم يلاحظ أي فروق ذات دلالة إحصائية فيما يتعلق بالخصائص السريرية و/أو الوظيفية لسلسلتنا؛ 60.6% من OTVF وكذلك 71.0% من OTVF لديهم مشاركة من جانب واحد (Charnley A)، 84.2% من OTVF و 94.9% من OTVF شبه مستقرون مع نشاط أكثر اعتدالاً) فئة (2 Devane)؛ متوسط التنقل قبل الجراحة هو 98.68 درجة OTVO: 99.6 درجة OTVF؛ 82% من OTVO و 92% من OTVF؛ ويكون متوسط HSS قبل الجراحة (60-69) في المجموعتين؛ 55.2% من المرضى في مجموعة OTVO و 42.2% في مجموعة OTVF لديهم متوسط إلى معتدل من (60-69) KOOS درجة OTVO OXFORD هي 24.11 (19-27) ودرجة OTVF هي 23.0 (20-27)؛ 65.8% من المرضى في مجموعة OTVO و 81.6% من OTVF يعانون من التهاب المفاصل العظمي من المرحلة الثالثة من Ahlback. أكثر من 76% من المرضى في مجموعة OTVO وأكثر من 76% في مجموعة OTVF أصيبوا بالتهاب المفاصل العظمي الفخذي الرضفي في المرحلة الأولى من IWANO؛ متوسط زاوية HKA قبل الجراحة لمجموعة OTVO هو 169.16° (160° - 175°) زاوية مجموعة OTVF هي 162.67° (160° - 175°)، متوسط المتابعة هو 24 شهراً (12-36).

النتائج: بعد العملية الجراحية وفي المتابعة النهائية، لم نجد أي فرق كبير بين المجموعتين فيما يتعلق بالنتائج HSS، KOOS، OXFORD، وكذلك المضاعفات أثناء العملية الجراحية أو ما بعد الجراحة، وعدم وجود تدهور في السلوك الخارجي أو الفخذي الرضفي في المجموعة الثانية مجموعات. ومع ذلك، نجد اختلافاً بين المجموعتين فيما يتعلق بزاوية HKA بعد العملية الجراحية ودرجة Devane لصالح OTVF. لا يوجد احترام لنتائج حركة المفاصل والثني بعد العملية الجراحية. معدل الثبات المفصلي هو 100% من 2 إلى 3 سنوات لكل من مجموعتي OTVO و OTVF.

المناقشة: قطع عظم أرواح الظنوب عن طريق الإضافة الداخلية (الفتح) OTVO أو عن طريق الطرح الخارجي (الإغلاق) OTVF هما طريقتان محافظتان مفضلتان لعلاج خشونة مفصل الركبة الظنوبي بتقوس الركبة. على الرغم من توافر عدد كبير من الدراسات، لا تزال مقارنة النتائج وتوليها تشكل تحدياً بسبب الاختلافات في أنظمة التقييم والتقنيات المستخدمة. ومع ذلك، بشكل عام، تشير دراسات VTO إلى نتائج إيجابية على المدى الطويل عندما يتم اختيار المرضى بشكل صحيح وتكون التقنية الجراحية دقيقة. يمكن أن يكون الاختيار بين الإضافة الداخلية لقطع عظم الظنوب (OTVO) أو الطرح الخارجي (OTVF) موضع نقاش بين جراحي العظام. كل تقنية لها مزايا وعيوب، وسيعتمد القرار النهائي على عدة عوامل، بما في ذلك تفضيلات الجراح، والحالة السريرية للمريض. لصالح OTVF هو سهولة الدمج؛ ومما يعيبه خطر الاستئصال المفرط للعظام والذي يصعب تصحيحه. لصالح OTVO إمكانية دائمة لتعديل التصحيح حتى القرار النهائي؛ مما يعيبه أن مشاكل الدمج غالباً ما تجعل التطعيم العظمي ضرورياً لملء الفراغ الناتج عن الفتح.

الخلاصة: الدراسة المقدمة تسلط الضوء على فعالية قطع عظم الظنوب كعلاج محافظ لداء خشونة مفصل الركبة عن طريق الإضافة الداخلية (OTVO) أو الطرح الخارج (OTVF) وكعلاج بديل لتقويم مفاصل الركبة بالكامل. لا يؤدي هذا التدخل الجراحي إلى تأخير الحاجة إلى تغيير الاصطناعي للركبة فحسب، بل يحصل أيضاً على نتائج وظيفية جيدة ويسمح للمرضى النشطين باستئناف أنشطتهم المهنية والرياضية. مع معدل ثبات المفصل بنسبة 100% في 3 سنوات، و 95% في 5 سنوات و 89% في 10 سنوات، فمن المبرر التوصية بـ OTVO أو OTVF للمرضى الذين تتراوح أعمارهم بين (20 إلى 70 عاماً) والذين يعانون من التهاب مفاصل الركبة المتوسطة المرحلة (الأولى أو الثانية أو الثالثة حسب AHLBACK).

الكلمات المفتاحية: قطع العظم OTVF OTVO AHLBACK



Titre : Traitement chirurgical conservateur des gonarthroses sur genu varum : étude comparative ostéotomie tibiale de valgisation par addition interne Vs soustraction externe



Introduction : les ostéotomies pour gonarthrose sont pratiquées depuis plus d'un demi-siècle et ont fait la preuve qu'elles pouvaient stabiliser le processus arthrosique. Ces opérations sont en compétition avec les arthroplasties partielles ou totales qui sont de plus en plus fiables. Pourtant, les prothèses ne sont pas encore capables de supporter durablement une activité importante et, chez les sujets jeunes, les ostéotomies restent l'indication de choix. Plusieurs techniques d'ostéotomie tibiale sont susceptibles d'apporter d'excellents résultats à long terme dans le genu varum, les additions internes, les soustractions externes. Chaque technique présente des avantages et des inconvénients et il est utile de savoir les pratiquer toutes.

Les objectifs de cette étude prospective sont de comparer les résultats cliniques et radiologiques des ostéotomies tibiales de valgisation par addition interne (OTVO) ou soustraction externe (OTVF), d'identifier les particularités, les difficultés, les limites de chaque technique et les indications propres à chaque type d'ostéotomie. Cette étude vise à prouver l'efficacité ou non des ostéotomies de valgisation tibiale dans le traitement conservateur de la gonarthrose sur genu varum.

Matériels et méthodes : Il s'agit d'une étude prospective randomisée et contrôlée, effectué sur 76 patients répartie en deux groupes : OTVO (38 patients) et OTVF (38 patients) de septembre 2020 à Avril 2023. les critères d'inclusion étaient : L'arthrose unicompartimentale médiale stades I, II et III d'AhLBACK .L'âge entre 27-70 ans. Aucune différence significative entre les deux groupes n'a été notée en ce qui concerne les caractéristiques démographiques à savoir : l'Age moyenne (OTVO:55,95 ;OTVF :54,92), sexe ($p=0.255$), BMI : OTVO :28,26 (22-32) et OTVF :28,36(22-31). Aucune différence statistiquement significative n'a été noté concernant les caractéristiques cliniques et/ou fonctionnelles de notre série; L'angle HKA moyen préopératoire du groupe OTVO est de 169.16° ($160^{\circ}-175^{\circ}$) Celui du groupe OTVF de $162,67^{\circ}$ ($160^{\circ}-175^{\circ}$), Le recul moyen est de 24 (12-36) mois.

Résultats : En postopératoire et au dernier recul, on ne retrouve pas de différence significative entre les deux groupes concernant les scores (Charnley, KOOS, HSS, Oxford), ainsi que les complications peropératoire ou postopératoire, aucune détérioration de comportement externe ou fémoro-patellaire dans les 2 groupes. Cependant on retrouve une déférence entre les deux groupes concernant l'angle HKA postopératoire et le score Devane en faveur de OTVF. Aucune déférence concernant les résultats de la mobilité articulaire et flessum postopératoire. Le taux de survie est de 100% de 2 à 3ans pour les deux groupes OTVO et OTVF.

Conclusion : Notre étude présentée met en lumière l'efficacité de l'ostéotomie tibiale de valgisation comme traitement conservateur de la gonarthrose sur genu varum par addition interne (OTVO) ou soustraction externe (OTVF) et comme traitement alternative à l'arthroplastie totale du genou. Cette intervention chirurgicale permet non seulement de retarder la nécessité d'une prothèse totale du genou, mais aussi d'obtenir de bons résultats fonctionnels et de permettre aux patients actifs de reprendre leurs activités professionnelles et sportives. Avec un taux de survie de 100% à 3 ans, 95% à 5 ans et 89% à 10 ans, il est justifié de recommander l'OTVO ou OTVF à des patients âges de (20 à 70 ans) présentant une gonarthrose fémoro-tibiale médiale du stade modérée (I, II ou III selon Ahlback).

Mots clés : Ostéotomie OTVO OTVF HKA Gonarthrose Ahlback

Directeur de thèse :
Pr. BOUZITOUNA Mahdjoub

Chef de service de chirurgie orthopédique et traumatologie
Centre Hospitalo-universitaire de Constantine

Année universitaire :
2023 – 2024

Auteur :
Dr. ABDERREZAK Nedjemeddine

Service de chirurgie orthopédique et traumatologie
Hôpital militaire régional universitaire de Constantine