

UNIVERSITÉ DE NANTES

FACULTÉ DE MÉDECINE

Année : 2021

N° 2021-132

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

DES de chirurgie générale

DESC de chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique

par

Julien OILLIC

Né le 28/08/1991 à Angers (49)

Présentée et soutenue publiquement le 24/09/2021

Analyse d'une série de 102 reconstructions de perte de substance des membres inférieurs d'origine traumatique par lambeau libre :
Expérience du CHU de Nantes sur 16 ans.

Président : Monsieur le Professeur Franck DUTEILLE

Directeur de thèse : Docteur Ugo LANCIEN

Composition du jury :

Président du jury :

Monsieur le Professeur Franck DUTEILLE

Directeur de thèse :

Docteur Ugo LANCIEN

Membres du jury :

Monsieur le Professeur Christophe NICH

Monsieur le Professeur Pierre PERROT

Remerciements :

A mon Maître de thèse, monsieur le Docteur Lancien

Tu m'as lancé, guidé, supporté pendant ce travail mais aussi toute la durée de mon internat.

Merci de ton soutien indéfectible depuis le début, je ne doute pas de pouvoir encore compter sur ton talent dans les années qui viennent.

A Monsieur le Professeur Duteille, mon Maître et Président du Jury

C'est un réel Honneur que vous me faites.

Je vous remercie de la confiance que vous m'avez accordée dans la concrétisation de ce travail.

Je vous exprime à nouveau l'admiration que j'ai pour votre expertise chirurgicale et votre sang froid au bloc opératoire, qui n'ont d'égale que votre technique de boxe.

« Et surtout n'oublie pas Julien, c'est à la fin que l'on fait des conneries ».

A Monsieur le Professeur Pierre Perrot, mon Maître

Vous me faites l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Merci de la patience et de la tolérance sans limite qu'il vous a fallu pour supporter ma « réactivité » et mon « énergie » toutes ces années.

A Monsieur le Professeur Christophe Nich

Merci d'avoir accepté d'être présent aujourd'hui pour évaluer ce travail.

Veillez trouver ici la marque de ma sincère gratitude.

Au Docteur Frédérique Bellier-Waast, grâce à qui les secrets de la chirurgie post-bariatrique et du CHU de Nantes sont désormais miens.

Au Docteur Perrine Ridet, pour m'avoir pris la main dans les dédales de l'HME.

Au Docteur Eva Gachie, pour m'avoir appris la culture du positif en tout temps.

A mes Chefs qui m'ont donné mes armes, mes premières poitrines, mes plus grosses sueurs.

Au Docteur Hadrien Tilliet Le dentu, merci de tes conseils, ton amitié, ton goût pour les bonnes choses.

Au Docteur Audrey Leduc, merci pour ces blocs sur un rythme endiablé.

Au Docteur Julien Verdier, merci de ton soutien pendant ma thèse moi qui n'est pas toujours été le plus assidu des internes. Un jour j'aurai raison de ton squash.

Au Docteur Diane Adam, merci pour ta patience et tes petites attentions.

A Madame la Professeure Braye, à Monsieur le Professeur Mojallal, et au Docteur Boucher de m'avoir accepté dans l'équipe Lyonnaise.

A mes chefs Croix-Roussiens le Docteur Lherm, Brosset, Hanriat, et Claro pour votre esprit d'équipe, votre confiance.

Mes co-internes lyonnais qui me manquent encore chaque jour, Killian, Camille et Caroline.

A l'équipe de sénologie de l'ICO, merci Céline et Julie de m'avoir accepté dans cette équipe gynécologique si féminine.

A l'équipe de CMF, et à Maeva et Jihane d'avoir accepté mon tempérament et ma passion pour les dents de sagesse.

A l'équipe de chirurgie CTCV, votre investissement et votre calme m'ont inspiré.

A ma douce, elle qui m'accompagne depuis si longtemps et accepte ce que les autres ne voient pas.

A ma famille, mon père qui n'a pas fini de célébrer les thèses de la famille.

Mon grand frère sans qui la significativité de ce travail nous aurait échappé.

Ma mère qui aura eu la patience de relire ce travail.

Mon petit frère et notre douce parenthèse Lyonnaise.

Ma plus jeune sœur qui vient de suivre la voie familiale.

A mes amis qui m'entourent depuis si longtemps et qui forment maintenant ma deuxième famille.

Ceux qui ont fui à Bordeaux, Arthur, Romain, Paul, Hendrick, Philippe et Iris.

Ceux qui ont fui à Montpellier, Séverin et Priscille.

Ceux qui m'ont trouvé à Nantes ... Manu, Romain et Laure, Fred et Vava, Antoine et Raphaëlle.

Pour ces 6 mois à Lyon, merci Auguste.

I. Introduction	9
II. Notions fondamentales	10
1. Historique	10
2. Épidémiologie	18
3. Notions fondamentales en anatomie	20
4. L'évaluation des pertes de substances.....	24
5. Prise en charge initiale, parage et « Damage control »	28
6. Le sauvetage du membre ou l'amputation	29
7. Sur le plan orthopédique.....	31
8. Rationnel infectieux	34
9. La reconstruction	36
1. Les objectifs.....	36
2. Le choix de la technique.....	36
3. La reconstruction des tissus mous	39
4. La reconstruction osseuse.....	44
III. DE L'AMPUTATION A LA MICROCHIRURGIE : REVUE DE LA LITTERATURE	48
1. Microchirurgie et physiopathologie.....	48
2. Imagerie.....	56
3. Les facteurs de risques de complications	58
1. Revue de la littérature.....	58
2. Les facteurs préopératoires :	60
3. Les facteurs peropératoires	68
4. Les facteurs postopératoires.....	80
4. Complications de la microchirurgie	82
IV. Étude de la série : Matériels et Méthode.....	88
1. Recueil des données.....	88
2. Les complications et leurs conséquences.....	90
3. Analyse statistique.....	91
V. Résultats	92
1. Caractéristiques de la population	92
2. Caractéristiques lésionnelles	97
3. Imagerie préopératoire	101
4. Caractéristiques de la reconstruction	103
5. Complications des reconstructions	108
6. Analyse des paramètres péri-opératoires.....	114

VI.	<i>Discussion</i>	124
1.	Anticiper les échecs par la gestion des facteurs de risque	125
1.	La sélection des patients	125
2.	La stratégie chirurgicale	128
3.	Protocole et filière.....	135
VII.	<i>Conclusion</i>	139
VIII.	<i>Bibliographie</i>	140

I. Introduction

Depuis l'avènement de la microchirurgie dans les années 1960, la reconstruction des membres est entrée dans une nouvelle ère. Les pertes de substances complexes traumatiques des membres inférieurs, autrefois condamnées à l'amputation, ont vu leur pronostic considérablement s'améliorer.

Cette révolution chirurgicale, définie par le transfert autologue d'un tissu sain prélevée à distance de la lésion et réanastomosé sous contrôle microscopique, ne peut pourtant s'affranchir d'un risque d'occlusion du pédicule vasculaire nourricier. Cette complication redoutée aura des conséquences souvent désastreuses sur le pronostic fonctionnel du membre à reconstruire.

Aujourd'hui, malgré des améliorations majeures dans les domaines de la microchirurgie, de l'anesthésie et de l'infectiologie, le taux d'échec de reconstruction de membre inférieur reste le plus haut (8-20%) dans les séries de reconstruction microchirurgicale dans le contexte traumatique(1-4).

Il apparaît que le membre inférieur représente une entité à part, tant par l'importance de sa fonction qui nécessitera de supporter le poids du corps en appui unipodal, par son anatomie qui n'autorise que peu d'alternative chirurgicale, mais également sur la particularité des pertes de substances propre à cette localisation anatomique.

Le traumatisme est un phénomène violent dont la portée ne se limite pas qu'à la perte de substance et à la fracture qu'il engendre, le phénomène de blast qu'il provoque est responsable de lésions insidieuses en périphérie dont l'appréciation est souvent difficile.

Par définition, les traumatismes de membre inférieur seront fréquemment associés à une exposition du matériel osseux ou articulaire auxquels se rajoute une contamination tellurique fréquente, le prisme d'une infection ostéo-articulaire devient alors le redoutable ennemi du chirurgien.

Cette activité occupe par ailleurs une part importante de l'activité de notre unité puisqu'elle représente la deuxième indication de reconstruction microchirurgicale (après la sénologie).

Sa prise en charge est indiscutablement pluridisciplinaire et nécessite une collaboration étroite entre les équipes orthopédique et reconstructrice.

II. Notions fondamentales

1. HISTORIQUE

Les périodes de conflits qui marquèrent notre histoire (Guerres mondiales, Guerre du Vietnam,...) sont nombreuses et ont permis la réalisation de nombreux travaux de recherche sur le thème de la reconstruction traumatique, il n'est donc pas surprenant de voir en marge de ces conflits, apparaître de nombreuses améliorations dans le monde chirurgical.

L'ère moderne commence avec la guerre du Vietnam(1955-1975), après laquelle la qualité et le volume de la recherche concernant le membre inférieur traumatique ont considérablement augmentés(5).

Avant l'ère moderne, les résultats étaient analysés en taux d'amputation et de mortalité tandis qu'ultérieurement, la mortalité étant devenue moindre, le paramètre d'intérêt devient alors la morbidité (infection, pseudarthrose, qualité de vie, reprise de la marche,...).

Amputation et parage

On retrouve des descriptions d'amputation thérapeutique 2500 ans avant JC, Hippocrate décrivait déjà cette technique dans le traitement des gangrènes évoluées(6).

L'amputation a été la première forme de reconstruction de membre inférieur lorsqu'elle était considérée comme moyen d'assurer la mise en place d'une prothèse et donc d'assurer une reconstruction « fonctionnelle » du membre.

On compte parmi les pionniers de la prise en charge des pertes de substances traumatiques du membre inférieur, le français Ambroise Paré (1510-1590) au cours du 16^e siècle(7).

Desault (1738-1795) était un chirurgien de l'Hôtel Dieu à Paris qui popularisa la notion de parage durant la révolution française au cours du 18^{ème} siècle(7), et c'est l'un de ses élèves, Dominique Jean Larrey (1766-1842), qui démontra que son efficacité sur la réduction des taux d'infection était d'autant plus efficace que le

parage était réalisé précocement. Le concept de « parage précoce » s'inscrit par la suite dans les notions fondamentales de prise en charge d'une plaie, qui fait encore actuellement état de référence dans la communauté chirurgicale(8).

Anesthésie et antiseptie

C'est en 1846 que fut réalisée l'une des premières chirurgies sous anesthésie générale grâce à l'éther, par Robert Liston. Fidèle à son surnom « le scalpel le plus rapide de l'Ouest » réalisa une amputation d'un tibia infecté en moins d'une minute(5). En 1864, Louis Pasteur démontrait que les bactéries sont la cause exogène des infections(9).

Les premiers préceptes d'antiseptie arrivent alors dans le monde chirurgical sous l'impulsion de Joseph Lister (1827-1912), grâce à l'utilisation d'acide carbolique (phénol)(10).

Bien qu'impopulaire dans la communauté scientifique, les allemands adoptèrent très rapidement le concept de l'antiseptie, à tel point que durant la guerre Franco-Prusse (1870) certains soldats français blessés se rendirent aux ennemis sachant que leur taux de mortalité était considérablement inférieur à celui des chirurgiens Français(11).

A titre indicatif nous sommes alors à 60 ans de l'ère des antibiotiques (depuis leur découverte en 1928 et l'âge d'or de leur développement dans les années 1940), leur usage bien que déterminant ne représente qu'une fraction de l'amélioration apporté par l'antiseptie(12).

Immobilisation de la fracture

Louis Leopold Ollier (1830-1900) ,il est considéré comme étant l'un des fondateurs de la chirurgie orthopédique et articulaire, il développe l'immobilisation par des bottes plâtrées fermées pour la prise en charge des fractures ouvertes du tibia au cours de la guerre Franco-Prusse pendant la fin du XIXe siècle(13).

Les premiers fixateurs externes furent développés par Malgaigne (1806-1865) en 1840 mais il faudra attendre 1942 pour que le premier dispositif utilisable soit mis au

point par Raoul Hoffmann(14).

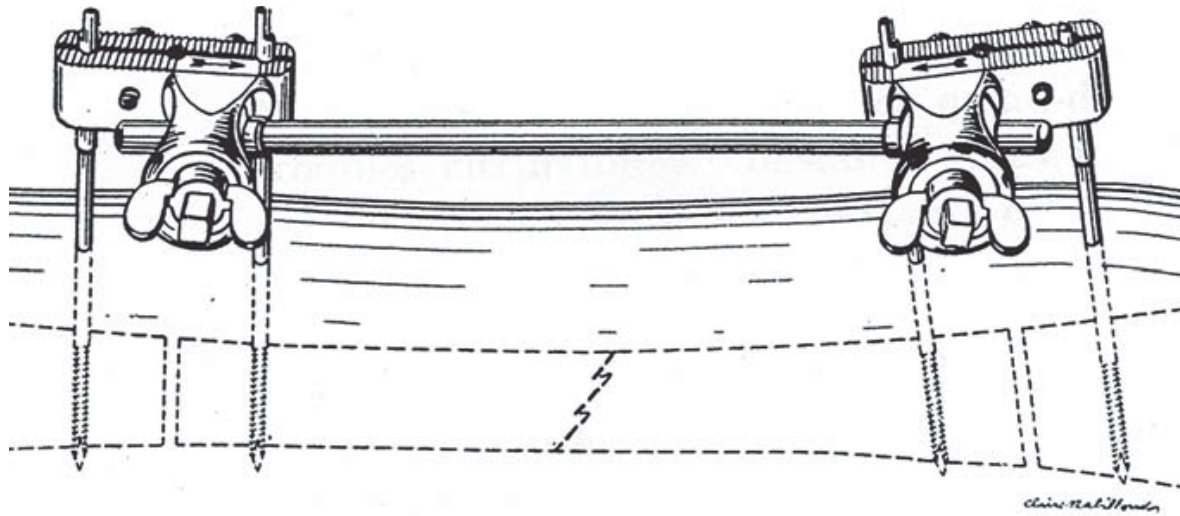


Figure 1 Schéma d'un fixateur externe de Hoffmann (Rev Med Suisse Romane.1941 ; 60 :216-34)

L'ostéosynthèse définie par Lambotte (1866-1955) en 1907 connaît son essor à partir du XXe siècle, il préconise la suture osseuse par cerclage, agrafage, vissage, boulonnage ou fixation externe(15), ces techniques ont bénéficié de l'évolution fulgurante de l'évolution technologique au cours de l'ère industrielle du XIXe siècle pour aboutir aux moyens d'ostéosynthèse moderne tels qu'ils existent maintenant(16).

De la reconstruction par lambeaux locaux à l'ère microchirurgicale

La reconstruction des tissus mous émergea en 1854 quand Franck Hamilton (1813-1886) réalisa le premier lambeau pédiculé « cross-leg » qu'il développa pour la reconstruction traumatique au cours de la guerre civile américaine. Ce fut encore Hamilton quelques années plus tard, qui développa aux Etats-Unis la reconstruction par greffe cutanée initialement pour reconstruire la zone donneuse de ses lambeaux(17). Les techniques d'Hamilton (principalement des lambeaux pédiculés vascularisés au hasard) règnèrent pendant presque un siècle sur la reconstruction du membre inférieur, jusqu'à l'avènement de la microchirurgie.

Alexis Carrel (1873-1944) décrivit le premier succès d'anastomose vasculaire termino-terminale par triangulation en 1902. Il fut inspiré par sa tentative infructueuse

de réparer la veine portale du président Français Sadi Carnot, assassiné par un coup de poignard en 1894(18).

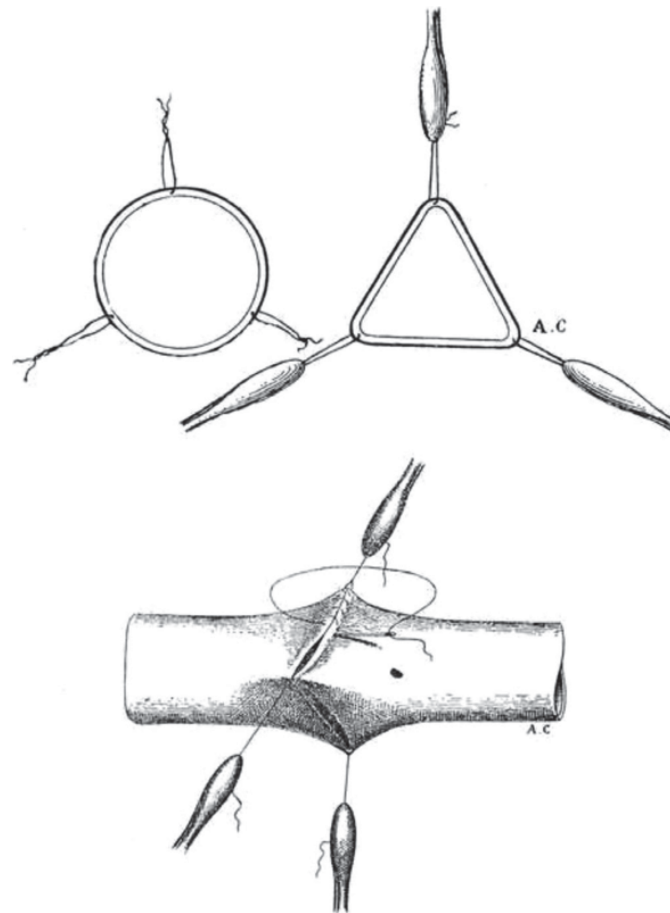


Figure 2 Représentation anatomique du concept de triangulation de Carrel (Lyon médical en 1902)

La première utilisation d'un greffon saphène pour ponter un défaut segmentaire fut décrite par Erich Lexer (1867-1937) en 1907(19).

Le chirurgien otologiste suédois Carl-Olof Nylen (1892-1978) importa le microscope dans un bloc opératoire pour la première fois en 1921(20), il développera « **l'otomicroscope** » afin de l'adapter à son environnement chirurgical et réaliser des interventions sur la mastoïde.

Au cours des années 1980, des avancées dans plusieurs domaines différents se sont combinées pour se manifester avec l'arrivée du transfert de tissus libres. Julius Jacobson (1922-2003) a perfectionné les anastomoses vasculaires microscopiques sur les chiens et les lapins en 1960(21). Puis Malt (1931-2002) réalisa la première réimplantation d'avant-bras en 1962 chez un enfant(22).

Durant cette période, le chirurgien plasticien Harry Buncke (1922-2008), tenta dès 1958 des anastomoses sur des vaisseaux de moins de 2mm sans l'aide du

microscope mais sans succès(23). L'idée de l'utilisation d'un microscope opératoire est inspiré de Jacobsen lors d'un congrès national américain de chirurgie en 1960, il réussira la première réimplantation d'oreille de lapin (diamètre 1mm) dans son garage en 1964, après plus d'une cinquantaine d'échecs(24).

Komatsu et Tamaï réalisèrent la première reconstruction de pouce par transfert libre d'orteil en 1965(25). Il faudra attendre Daniel et Taylor pour décrire la première reconstruction de fracture ouverte distale de membre inférieur par lambeau inguinal libre en 1973(26), et l'introduction du terme « lambeau libre » (27).

Cette appellation « libre » signifie que le pédicule vasculaire est entièrement différencié et sectionné pour être ensuite anastomosé sur des vaisseaux receveurs à distance, avec l'avantage d'apporter un tissu sain et bien vascularisé. Cette découverte avait été initialement motivée pour reconstruire une trame osseuse mais ses indications se sont élargies notamment au membre inférieur afin de compenser les limites des lambeaux pédiculés.

Reconstruction osseuse

La première xéno greffe osseuse de chien à homme a été réalisé en 1668 par Job Janzoon (1611-1666), mais fut rapidement abandonnée car contraire à la volonté divine de la communauté chrétienne de l'époque(28). En 1861, Ollier (1830-1900) démontre expérimentalement que des fragments osseux autologues peuvent survivre en tant que greffe osseuse(29). Mais bien que les premières allogreffes osseuses furent décrites dès 1880 par Macewen(1848-1924) (30), elles restent impopulaires jusqu'au début du XXe siècle, la faute à une connaissance imprécise de la biologie et de nombreux échecs chirurgicaux : *Phelps* réalisa un transfert pédiculé osseux en 1891 , entre un chien et le tibia d'un enfant qui restèrent connectés pendant deux semaines et se solda bien sûr par un échec (31).

La greffe osseuse connut finalement son âge d'or à partir de 1915 avec Albee (1876-1945) mais il apparut dès lors que les indications n'étaient restreintes qu'à des pertes de substances limitées. Ce vide s'est comblé lorsque l'évolution de la reconstruction osseuse a croisé le chemin de la microchirurgie en 1975 grâce à Taylor(32) avec la réalisation des premiers lambeaux libres osseux.

La procédure d'ostéogénèse par distraction est inventée par accident en 1943 par Ilizarov (1921-1992), grâce à un système conçu pour traiter des pseudarthroses par ostéosynthèse compressive. Un jour le système a été manipulé dans le mauvais sens créant une distraction du foyer de fracture, en résultat la création d'un tissu osseux néoformé sur les radiographies de contrôle(33).



Figure 3 Photo de Ilizarov Gavriil en 1979

La reconstruction dans l'ère microchirurgicale

La mortalité des plaies et amputations de membres inférieurs devint si faible à partir des années 1970, que les objectifs mesurés dans les études n'étaient plus la mortalité mais les taux de morbidités (taux d'amputations, taux d'infections, reprise de la marche,...).

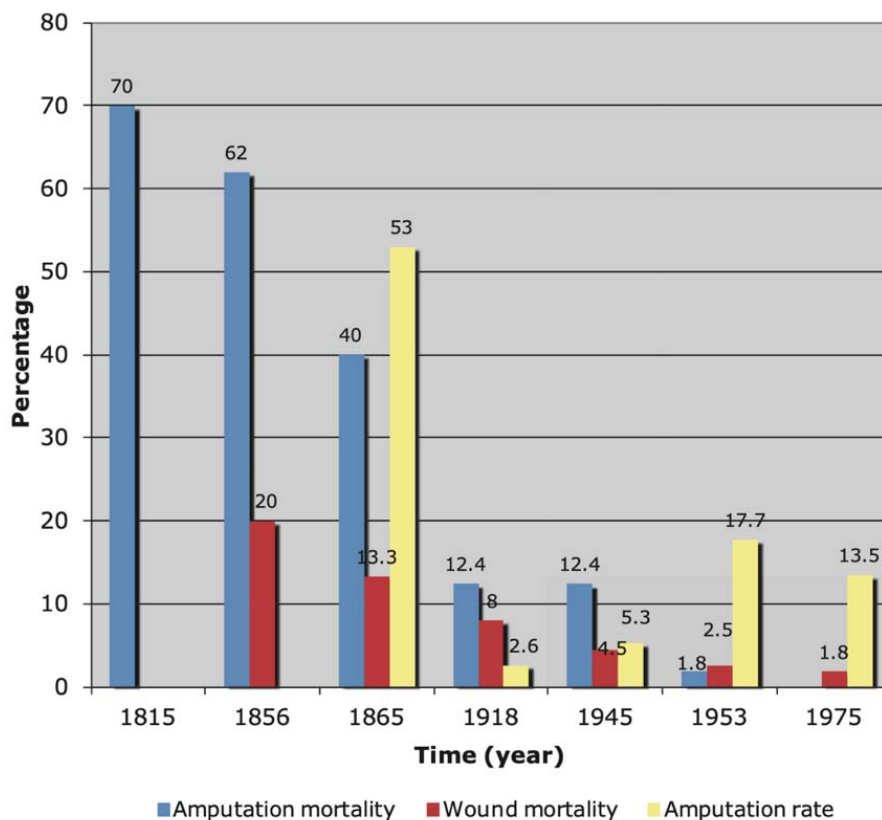


Figure 4 : Tableau d'évolution de la mortalité depuis 1815 (7)

En 1976, Gustilo et Anderson ont proposé une classification des fractures ouvertes du tibia selon le risque de complications infectieuses(34), qui fut modifié plus tard par Mendoza et Williams en 1984(35) afin de modifier le type III qui était trop inclusif (*cf infra*). Une année plus tard Byrd et al. ont proposé une alternative moins populaire basée sur l'intégrité anatomique du périoste et de l'endoste et introduiront l'idée qu'une reconstruction précoce pourrait réduire les infections et améliorer la consolidation osseuse(36).

Cette idée fut largement reprise et popularisée par Godina (1943-1986) en 1986 lors de la publication de sa série de 523 reconstructions post-traumatiques par lambeaux libres, elle déterminera un tournant dans la communauté chirurgicale dans la prise en charge des pertes de substances Gustillo III(37).

Depuis les années 1980, les complications chroniques de sauvetage de membres sont les ostéomyélites et les pseudarthroses(38).

La « **méthode Godina** » de traitement des plaies délabrantes par un débridement radical, d'une ostéosynthèse et d'une couverture tissulaire *précoce* a démontré son efficacité dans la réduction de ces complications(39). Il est également un défenseur

de la pratique des anastomoses en termino-latéral sur les vaisseaux receveurs afin de préserver le flux sanguin distal.

Ces principes continuent encore aujourd'hui de guider notre pratique chirurgicale.

De nombreux scores ont été développés afin de guider les chirurgiens : en 1985 Gregory a essayé de décrire les critères de sauvetage d'un membre à travers un score (M.E.S.S : Mangled Extremity Severity Score) mais en 1993 *Bonnani* conclut que ce système ne pouvait pas être utilisé de façon fiable pour déterminer la nécessité d'une amputation(40). Pour cela il avait étudié les principaux scores prédictifs (MESI, PSI, LSI, MESS) et montré à posteriori qu'ils ne permettaient pas de prévoir efficacement la nécessité d'une amputation.

En 2007, la première méta-analyse sur les résultats à long terme de la fonction d'un membre après reconstruction ou amputation a été publiée. Elle ne retrouve pas de différence de fonction entre le membre reconstruit et amputé à 7 ans de recul concluant que les deux prises en charge ont un rôle à jouer(41).

Il faut donc garder à l'esprit que le membre reconstruit ne fonctionne pas toujours aussi bien qu'une prothèse, par conséquent la fonction et la qualité de vie deviennent alors des résultats indépendants dans les études.

La notion de qualité de vie doit actuellement prévaloir devant une reconstruction à tout prix. Le membre reconstruit se doit d'être sensible, fonctionnel et secondairement socialement présentable. En l'absence de possibilité de conservation, l'indication d'une amputation associée à un appareillage prothétique doit se discuter.

2. ÉPIDEMIOLOGIE

La reconstruction post-traumatique représente 30 à 40% de l'activité de reconstruction du membre inférieur(3,42) les autres indications étant globalement représentées par les infections chroniques, les cancers, les pathologies congénitales, les séquelles de brûlures. Cette activité est directement liée au recrutement orthopédique de traumatologie d'un service hospitalier puisque les indications concernent dans la majorité des cas des fractures ouvertes (86% des couvertures selon Starnes-Roubaud et al (43)) et intéressent notamment la région du tiers distal de la jambe ainsi que la région de la cheville (45% des localisations selon Khouri et Hai Basheer (3,44)).

Bien que régulière, cette activité reste néanmoins faible compte tenu du volume de la traumatologie, pour exemple 15% des fractures de la diaphyse tibiale sont ouvertes parmi lesquelles moins de 1/3 nécessitera un geste de couverture par un lambeau local ou libre(45).

La plupart des traumatismes sont de faible cinétique mais en raison de la recrudescence démographique (46), de la circulation routière et de la croissance industrielle, on assiste à une augmentation des accidents de travail, des AVP souvent responsables de traumatismes violents(47) et qui représentent 50% des indications de lambeaux libres(3).

L'incidence des fractures ouvertes de la diaphyse tibiale est d'environ 17 pour 100 000 personnes par année (48) et représentent 10% de la traumatologie. Ces fractures concernent surtout l'adulte jeune de moins de 40 ans avec un ratio homme/femme à 2/1 (49). Les causes des accidents sont multiples : AVP (62,2%), chutes (22,2%), sport (7,4%), chocs directs (8,3%) (45).

Les fractures de la diaphyse tibiale représentent 40 % des fractures des os longs (fémur, humérus, tibia, radius-ulna) et 50% des fractures ouvertes. Cela s'explique par une enveloppe tissulaire peu épaisse notamment sur le versant interne de la jambe où le tibia se retrouve directement en position sous-cutanée ce qui le rend particulièrement vulnérable aux fractures ouvertes avec un geste de couverture locale peu accessible(50).

De plus elles sont associées dans 50% des cas à des traumatismes multiples qui complexifient leur prise en charge et traduisent d'un mécanisme à haute énergie

responsable de polytraumatismes avec lésions des organes nobles se surajoutant à l'atteinte osseuse et des tissus mous (49).

Dans la littérature, par soucis de simplification et de compréhension, la reconstruction de membre inférieur correspondra souvent à la couverture des fractures ouvertes de jambe qui représentent la majeure partie des indications de reconstruction (cf figure 5 (3)).

En pratique la reconstruction du membre inférieur est un sujet aussi variable que complexe dont l'étendue des possibilités n'a d'égal que la très grande variabilité de pertes de substances rencontrées quotidiennement.

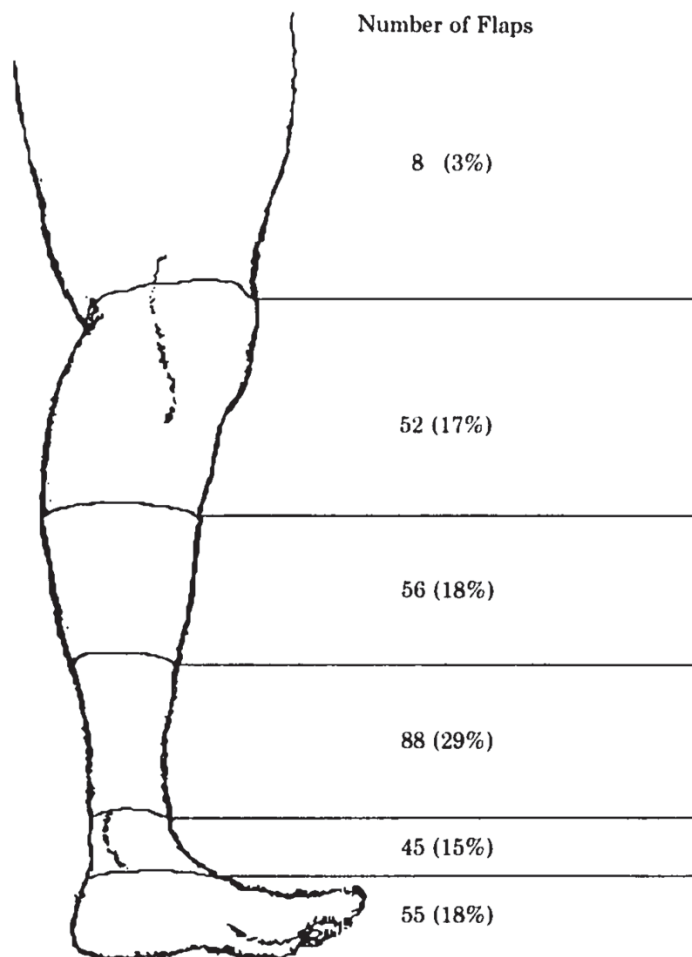


Figure 5 : Schéma représentant la localisation des indications de lambeau libre pour la reconstruction des pertes de substances du membre inférieur dans la série de Khouri de 1989

3. NOTIONS FONDAMENTALES EN ANATOMIE

Nous nous attacherons ici à décrire simplement les différents systèmes anatomiques qui composent le membre inférieur afin de mieux comprendre la fonction et les objectifs d'une reconstruction(51).

La région crurale :

Région centrée sur le fémur et la hanche et située entre l'aîne et le genou, hautement vascularisée et largement entourée de muscles.

Sa vascularisation provient essentiellement de l'artère fémorale commune qui se divise en fémorale et profonde de la cuisse pour la loge musculaire postérieure de la cuisse.

La branche superficielle est responsable de la vascularisation des muscles des loges antérieures et après son passage dans le canal des adducteurs (de Hunter) elle deviendra l'artère poplitée au niveau du genou.

Ces deux artères majeures de la cuisse donneront de multiples branches qui pourront assurer la viabilité de multiples lambeaux musculaires (lambeau de fascia-lata, de gracilis...) mais aussi de lambeaux perforants tel que l'ALT(antéro-lateral tigh flap : lambeau perforant antérolatéral de la cuisse), le SCIP (superficial circumflex iliac perforator flap : lambeau perforant basé sur l'artère circonflexe iliaque superficielle), l'AMT (antéro-medial tigh flap : lambeau perforant antéro-médial de cuisse) (52–54).

En raison de son accessibilité l'artère fémorale superficielle ou l'une de ses collatérales pourra fréquemment être utilisée comme pédicule receveur avec une de ses veines satellites ou encore l'utilisation de la veine grande saphène(55).

Les fractures de la diaphyse fémorale représentent 0,9% des fractures et sont l'œuvre de traumatisme à très haute cinétique que l'on rencontre le plus souvent dans les AVP en deux roues (43,56).

Les reconstructions de cette région font rarement appel à des transferts de tissus libres (3% selon *Khouri et al* (3)) pour la reconstruction des parties molles, les indications concernent souvent la reconstruction osseuse lorsque le défaut est supérieur à 6 cm par l'apport entre autres d'une fibula libre (57).

La cuisse est une importante zone donneuse de lambeaux qui pourront donc avoir un usage local, régional mais aussi à distance.

Le genou :

Il s'agit d'une l'articulation synoviale qui permet la flexion/extension de la jambe sur la cuisse, elle joue un rôle de pivot central dans la mobilité et la stabilité du membre inférieur. Il s'agit d'une articulation très stable et complexe douée d'une mobilité très importante en flexion-extension(51).

Les indications de reconstructions en traumatologie sont assez rares et n'intéressent qu'une partie localisée pouvant alors bénéficier d'un geste de reconstruction par un lambeau local. Cette région nécessitera une couverture lors de complications orthopédiques liées à l'exposition du matériel d'ostéosynthèse ou d'un matériel prothétique.

La région haute du genou pourra bénéficier d'une reconstruction par des lambeaux musculaires pédiculés tel que le Sartorius, le Gracilis ou encore le Vastus Lateralis(58). En cas de déficit plus important, l'utilisation de lambeau perforant pédiculé tel que l'ALT à pédicule distal(59) ou un *MSAP*(60) (Medial Sural artery propeller) pourra être employée.

Les pertes de substances de la partie basse pourront être couvertes par un lambeau de gastrocnémien médial en priorité ou un *MSAP*.

Les pertes de substances étendues feront l'objet d'une reconstruction par lambeau libre (lambeau de grand dorsal, serratus anterior, parascapulaire, perforant thoracodorsal, ALT...(58) (cf infra).

La vascularisation du genou est riche et organisée en un réseau circulaire anastomotique. Lors de fracture-luxation articulaire sa relation intime avec l'artère poplitée à sa face postérieure et profonde peut être responsable d'une ischémie de membre nécessitant une réduction ou un geste de pontage.

En cas de transfert libre on réalisera les anastomoses vasculaires au niveau des vaisseaux fémoraux superficiels à l'extrémité du canal des adducteurs ou au niveau de l'origine de l'artère tibiale postérieure si la longueur de pédicule vasculaire du lambeau nous le permet.

La jambe :

Sa description anatomique s'étend de la tubérosité tibiale antérieure à l'interligne talo-crural. Son principal rôle est le support du poids du corps, la statique et la marche. Les mouvements de flexion/extension de la cheville se font par le biais de la mise en tension du muscle triceps (gastrocnémiens et soléaire) mais également l'extension grâce aux muscles de la loge antérieure qui vont permettre également la mobilité du pied.

La jambe tient sa vascularisation d'un tronc unique issu de l'artère poplitée qui se divise en 3 axes (artère tibiale postérieure ATP, artère tibiale antérieure ATA et artère fibulaire AF) (voir figure 6).

Une connaissance précise des rapports anatomiques de ces axes vasculaires est fondamentale dans la stratégie de reconstruction. Selon la localisation de la perte de substance et les lésions vasculaires associées au traumatisme il faudra déterminer quel axe vasculaire devra être abordé afin de réaliser les anastomoses microchirurgicales en cas de lambeau libre.

Le choix du pédicule receveur dépendra de la localisation de la perte de substance, de l'examen clinique lors du parage initial et de l'imagerie pré-opératoire.

Dans la pratique il est possible de réaliser les anastomoses sur l'un des 3 axes, l'ATA se situant dans le compartiment antérieur est plus vulnérable aux traumatismes de haute cinétique d'autant plus qu'ils surviennent frontalement (notamment dans les accidents de 2 roues) donc il conviendra alors de choisir l'ATP(61).

Dans la pratique si le pédicule antérieur n'est pas endommagé sa dissection sera plus rapide et permettra souvent une installation confortable pour l'opérateur.

La jambe constituera la région traumatisée d'importance de notre étude pour plusieurs raisons, il s'agit d'une zone fréquemment touchée souvent associée à une fracture, et à risque de complication élevée en raison d'une faible couverture naturelle du tibia par les parties molles adjacentes (pour rappel les fractures du 1/3 inférieur de la diaphyse tibiale représentent 50 % des fractures ouvertes(45)).

Le tibia qui sépare les loges musculaires antérieure et postérieure de la jambe se situe en position sous cutanée directe sur son bord antéro-interne, il présente donc un risque direct d'exposition en cas de fracture. Par ailleurs le tissu cutané de la jambe ne présente pas une laxité et une réserve cutanée suffisante pour couvrir des pertes de substances importantes voire mêmes modérées.

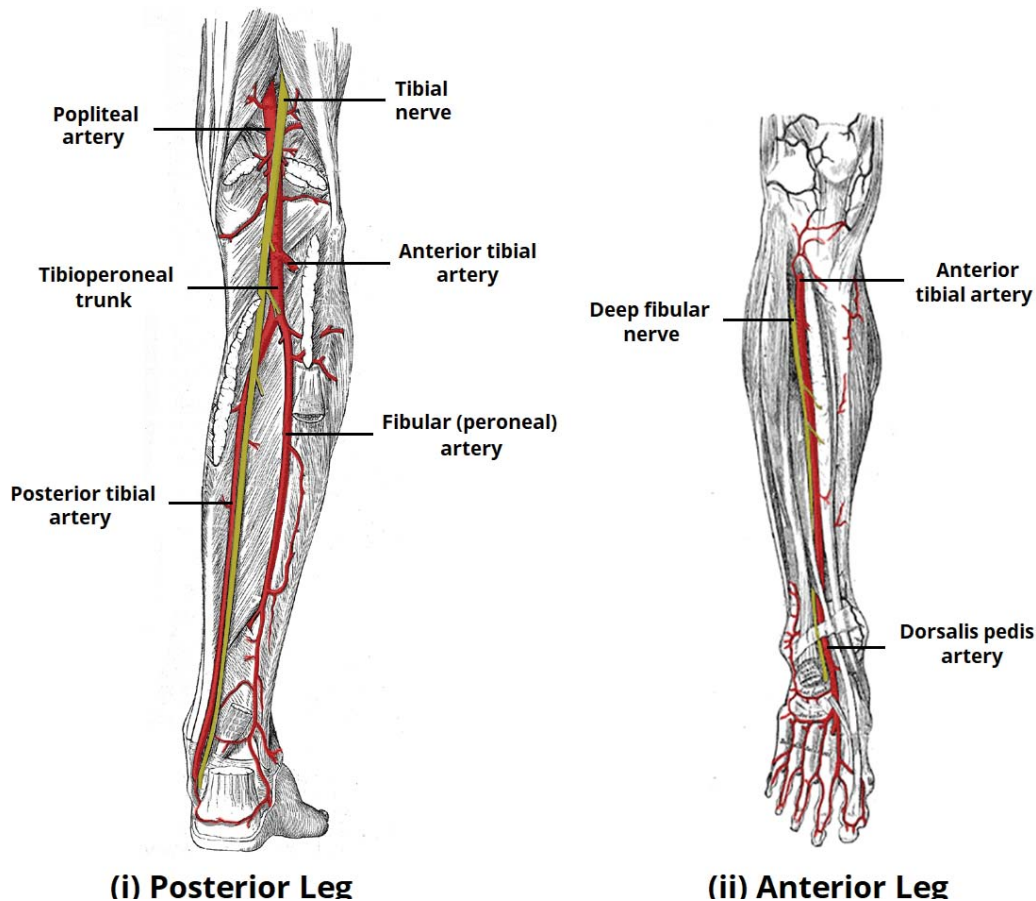


Figure 6 : Représentation anatomique du trépied vasculaire de la jambe (Gray's anatomy 41st edition)

Le pied :

Le segment pédieux répond à l'ensemble des contraintes mécaniques résultant de l'appui complet monopodal en tant que segment distal du membre inférieur.

Sa vascularisation correspond aux branches terminales des axes tibiaux antérieurs et postérieurs qui viennent constituer un réseau vasculaire plantaire et dorsal aux nombreuses connexions anastomotiques distales.

Sa reconstruction constitue un enjeu complexe et est à l'origine de nombreux travaux ces dernières décennies(61–65). En résumé, le pied reconstruit se doit de supporter les contraintes majeures de l'appui, sans pour autant venir déstabiliser l'axe de la jambe et aussi permettre un chaussage afin de maintenir une qualité de vie optimale. Cette région sera fréquemment rencontrée en chirurgie reconstructrice notamment au travers du *dégantage* de la coque talonnière (Fig. 7) avec exposition du calcanéum et de la difficulté d'offrir un matelassage suffisant de cet os pour autoriser

la marche, mais également des fractures associées à une exposition tendineuse ou articulaire au niveau du dos du pied.



Figure 7 : Dégantage traumatique du pied et de la coque talonnière (

4. L'ÉVALUATION DES PERTES DE SUBSTANCES

L'évolution clinique et la probabilité d'une guérison d'une fracture ouverte sont conditionnées par la gravité de l'atteinte des parties molles et les possibilités de couverture du foyer fracturaire par des tissus sains bien vascularisés(66). Dans cette optique, plusieurs classifications permettent de décrire les atteintes des parties molles, elles ont pour but de prédire l'évolution et le risque infectieux, de

communiquer entre professionnels de santé, de guider l'antibiothérapie et la stratégie chirurgicale de stabilisation et de couverture.

En France on retrouvera fréquemment la classification de Cauchoix et Duparc qui date de 1957(67), elle est fondée sur l'importance de la perte de substance cutanée de la fracture.

Elle tire son avantage de sa simplicité mais elle n'a pas de signification évolutive car elle ne tient pas compte de la lésion osseuse et des parties molles adjacentes autres que la peau.

GRADE	DESCRIPTION	PRISE EN CHARGE
I	Plaie punctiforme ou peu étendue, pas de décollements	Suture simple sans tension
II	Plaie associée à un décollement cutané important, une contusion	Suture sous tension avec risque de nécrose secondaire
III	Perte de substance cutanée non suturable	Couverture par un lambeau local ou libre

Figure 8 : Classification de Cauchoix et Duparc (1957)

La classification la plus répandue en pratique et dans les études est celle de Gustilo et Anderson de 1976(34) modifiée par Mendoza en 1984(35) afin de diviser la catégorie III en 3 sous types (A,B,C).

Son évaluation doit être réalisée au bloc opératoire après le parage initial des parties molles et l'évaluation de la fracture par un chirurgien expérimenté (dans l'idéal un plasticien et un orthopédiste).

Elle permettra de définir la stratégie thérapeutique (fixation, couverture, antibiotique), de connaître le taux d'incidence des complications (taux d'infections) mais aussi d'avoir une idée du pronostic.

Elle tient compte de l'énergie du traumatisme, de l'ouverture cutanée, de la contamination, de l'atteinte des parties molles sous-cutanées, de la comminution de la fracture et de l'intégrité du périoste.

	I	II	IIIA	IIIB	IIIC
Énergie	Faible	Modérée	Haute	Haute	Haute
Taille de la lésion	≤ 1 cm	1-10 cm	>10 cm	>10 cm	>10 cm
Atteinte des parties molles	Minime	Modérée	Importante	Importante	Importante
Contamination	Propre	Modérée	Importante	Importante	Importante
Comminution de la fracture	Minime	Modérée	Sévère	Sévère	Sévère
Atteinte du périoste	Non	Non	Oui	Oui	Oui
Couverture locale	Correcte	Correcte	Correcte	Nécessité d'un lambeau	Nécessité d'un lambeau
Atteinte neurovasculaire	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Nécessite d'un geste de revascularisation +/- suture nerveuse
Taux d'infections	0-2%	2-7%	7%	10-50%	25-50%

Figure 9 : Classification de Gustilo et Anderson modifié par Mendoza

Elle reste la référence bien que certains facteurs pronostiques majeurs n'en fassent pas partie tels que : l'importance de la perte de substance osseuse, l'association à un polytraumatisme, le statut fonctionnel préalable du patient, l'association à d'autres lésions d'organes nobles de voisinage (*critères pronostics de Keller(68)*).

De manière plus générale, l'évaluation d'une perte de substance par le chirurgien plasticien s'attachera à définir :

-Le terrain : Il correspondra à l'âge du patient, aux comorbidités et antécédents qui peuvent venir aggraver le pronostic ou les possibilités thérapeutiques.

-Le mécanisme lésionnel : s'il s'agit d'un traumatisme isolé, d'un polytraumatisme au cours d'un AVP, ou encore d'un écrasement, ces paramètres conditionneront la suite de la prise en charge et le pronostic de guérison.

-L'atteinte fonctionnelle et le retentissement socio-professionnel attendu.

-L'atteinte tissulaire : cette évaluation chirurgicale aura lieu lors du bilan lésionnel initial mais également lors de la réévaluation des pansements qui précéderont la reconstruction.

Cette évaluation aura pour but de définir précisément la perte de substance occasionnée par le traumatisme comme sa taille, son type (osseuse, cutané, musculaire), sa localisation par rapport aux vaisseaux receveurs pour guider le chirurgien dans le choix de son lambeau.

Il faut comprendre que la stratégie de reconstruction ne se limite pas qu'au choix d'un lambeau. Chaque patient nécessite une évaluation rigoureuse de la situation clinique afin d'adapter les possibilités de reconstruction. Il faut pour cela s'attacher à définir l'environnement qui entoure la perte de substance pour mieux en comprendre les enjeux de reconstruction et définir le mode de couverture le plus adapté.



Figure 10 : Fracture tibiale grade IIIA selon Gustilo (CHU de Nantes)



Figure 11 : Fracture tibiale de grade IIIB selon Gustilo (CHU de Nantes)

5. PRISE EN CHARGE INITIALE, PARAGE ET « DAMAGE CONTROL »

Les notions de prise en charge précoce associées à un parage de qualité et à un contrôle des lésions (*Damage control*) restent primordiales en contexte traumatologique.

Il est capital de réaliser ce geste en urgence, il sera d'ailleurs souvent réalisé par le chirurgien orthopédiste-traumatologue dans le même temps que la stabilisation du foyer de fracture.

Les protocoles de gestion des fractures ouvertes sont claires, il a été établi que la prise en charge initiale du parage devait être réalisée dans les 6 premières heures(34,69–71).

Ce geste sera réalisé au bloc opératoire sous anesthésie générale avec puis sans garrot afin de vérifier la vitalité des tissus laissés en place.

Il doit être rigoureux, précis et « carcinologique » afin de retirer tous les tissus mous nécrosés, les fragments osseux dévascularisés sans tenir compte de la reconstruction ultérieure.

En pratique, cette intervention pourra être répétée tant que les conditions l'exigent et avant le geste de couverture(72). Une insuffisance de parage expose le patient à un risque infectieux important, alors qu'un excès de parage diminue le pronostic fonctionnel voire complique les possibilités de reconstruction ultérieures.

Il doit être complété d'un nettoyage efficace de la plaie avec une eau savonneuse plus efficace qu'un mélange d'antibiotique afin d'éliminer les débris et particules contaminés(73) et donc diminuer la charge bactérienne. On retrouve dans la littérature une utilisation favorable in vitro pour les systèmes d'irrigations sous pression(74) (Fig. 12) afin de réduire le biofilm formé par les germes bactériens nécessaire à leur implantation et également de diminuer la charge bactérienne par dilution aqueuse.

Les biofilms sont des communautés de microorganismes, composées de bactéries et/ou moisissures de diverses espèces, se développant sur des surfaces comme une plaie avec exposition osseuse(75).

Dans la pratique il persiste encore un doute quant au risque d'endommager les tissus mous ou d'envoyer des débris telluriques ou dévascularisés plus profondément.



Figure 12 : Système de lavage pulsé avec aspiration (Système Mönlycke, photo issue du site internet)

6. LE SAUVETAGE DU MEMBRE OU L'AMPUTATION

Dans la situation de traumatisme grave d'un membre, le chirurgien est confronté au dilemme entre le choix du sauvetage ou de l'amputation. Différentes études ont publié des scores de sévérité dans le but de guider la décision, mais ces scores échouent à produire un guide précis et fiable et ne font pas l'objet de consensus en pratique.

Parmi ces scores, le plus connu reste le M.E.S.S (Mangled Extremity Severity Score) de Johansen(76) décrit depuis 1990 qui se définit par les critères suivants :

Atteinte osseuse et parties molles	Ischémie du membre	Pression artérielle	Age
Faible énergie 1	1 Aucuns signes	0 Normale	0 <30 ans
Modérée 2	2 Diminution des pouls	1 Sensible au remplissage	1 >30 ans
Forte (balistique, AVP) 3	3 Paresthésies	2 Choc	
Écrasement 4	4 Abolition des pouls		

Un score MESS >7 retrouve une indication théorique d'amputation du membre, d'autres scores ont également été décrits tel que le Limb Salvage Index (LSI)(77), the Predictive Salvage Index (PSI)(78), the mangled extremity syndrome index (MESI) ou encore le score NISSSA(79).

En 2001, Bosse démontrait que ces scores n'avaient pas de validité clinique, la spécificité élevée des scores dans tous les sous-groupes de patients a confirmé que des scores faibles pouvaient être utilisés pour prédire le potentiel de sauvetage des membres. L'inverse, cependant, n'était pas vrai. La faible sensibilité des indices n'a pas soutenu la validité des scores en tant que prédicteurs de l'amputation(80). En d'autres termes, un score faible aura une valeur ajoutée dans la prise de décision d'un sauvetage de membre mais un score élevé sera insuffisant pour guider la décision du chirurgien car peu prédictif.

Les facteurs communément admis par les chirurgiens et les patients pour choisir l'amputation plutôt que le sauvetage d'un membre comprennent **la classification Gustilo III C du traumatisme, la lésion du nerf sciatique ou tibial, le temps d'ischémie prolongé (> 6 heures), l'écrasement ou une lésion importante des tissus mous, une contamination importante** de la plaie, une **comminution importante du foyer fracturaire** ou des fractures osseuses segmentaires, **un terrain altéré, un faible entourage social** et finalement **l'échec de la revascularisation** (critères issus du LEAP : Lower Extremity Assessment Project)(81).

Il est primordial que le patient puisse prendre part à la décision chirurgicale et pour cela il doit bénéficier d'une information loyale et juste. Le parcours d'une reconstruction complexe de membre est long, difficile et parfois soldé par un échec à long terme pouvant aller jusqu'à l'amputation malgré un traitement conservateur initial correctement évalué et réalisé(41). Cet échec peut nous amener à réaliser une amputation secondaire souvent bien acceptée par le patient, en effet 80 % d'entre eux ne regrettaient pas le traitement initial et considéraient que le temps « gagné » leur permettait d'accepter la chirurgie d'amputation(82).

En 2002, Bosse et MacKenzie démontraient sur une série de 569 patients qu'il n'y avait pas de différence fonctionnelle à deux ans entre les patients amputés et les patients ayant bénéficié d'un sauvetage (dans le cas d'un traumatisme sévère de membre type Gustilo IIIB) après comparaison du Sickness Impact Profil (83). Cet indice permet d'évaluer les changements induits par une maladie au niveau de du comportement mais également dans la réalisation des activités quotidiennes par le patient(84). L'adhésion du patient à la prise en charge chirurgicale doit donc être totale.

Si l'amputation est jugée nécessaire, il faut conserver autant de longueur de membre que possible. Il a été démontré que les amputations sous le genou nécessitent moins d'énergie pour la marche que les amputations au-dessus du genou, il est donc nécessaire de préserver la longueur des membres(85). Une méta-analyse de 2011 à propos de 3105 patients amputés montrait qu'une population significativement plus importante de patients amputés sous *ou* au niveau du genou pouvait marcher 500m par comparaison au groupe de patients amputés au-dessus du genou(86).

7. SUR LE PLAN ORTHOPEDIQUE

Le chirurgien orthopédiste-traumatologue sera souvent le premier à intervenir sur un traumatisme complexe de membre inférieur, cette évaluation aura souvent lieu dans un bloc opératoire dédié à l'urgence.

Après la stabilisation du patient et souvent la réalisation d'une imagerie du corps entier(bodyscanner) dans le cadre d'un traumatisme de haute énergie, le chirurgien devra classiquement réaliser les étapes suivantes :

1. *Réduction et stabilisation du foyer de fracture*
2. *Revascularisation si nécessaire*
3. *Fasciotomie des loges musculaires si nécessaire*
4. *Parage et lavage*

Face à une fracture traumatique le chirurgien orthopédiste dispose de différents moyens pour obtenir une consolidation osseuse durable avec une restauration de la longueur, de l'alignement et de la rotation afin de retrouver une fonction normale le plus rapidement possible. Pour cela il travaille sur différents facteurs tels que la stabilisation de la fracture, la consolidation osseuse biologique et l'environnement tissulaire qui entoure le foyer.

Dans la pratique nous serons confrontés à différents cas de figures :

a) Fractures ouvertes Gustilo III A B et C :

Elles traduisent un choc à haute énergie avec une atteinte osseuse sévère, un risque infectieux élevé et nécessiteront parfois un geste de revascularisation en urgence et un geste de couverture.

Devant l'urgence et le risque infectieux il conviendra dans la plupart des indications de réaliser une stabilisation par un fixateur externe.

Il s'agit du traitement de référence qui permettra de stabiliser le foyer de fracture grâce à des broches introduites à distance du foyer, il n'existe pas de dévascularisation osseuse inutile et pas de matériel étranger au niveau du site, de plus son installation rapide présente un intérêt majeur dans le cas où le patient n'est pas stable sur le plan hémodynamique.

Il sera également possible pour certaines fractures type Gustilo III de réaliser un enclouage centro-médullaire sans risque infectieux surajouté(87) à condition d'avoir une couverture suffisante du foyer de fracture (donc Gustilo inférieur ou égale à IIIA).

Il est également possible de réaliser l'enclouage dans le même temps que la reconstruction par un lambeau libre ce qui peut parfois nécessiter un premier temps d'immobilisation par fixateur externe.

Il est actuellement recommandé de réaliser un enclouage centro-médullaire dans les 15 jours suivant le traumatisme afin de limiter le risque d'infection du matériel opératoire.(88)

Les fractures à hautes énergies des membres peuvent être accompagnées de lésions nécessitant une intervention en extrême urgence sous peine de mettre en jeu le pronostic vital et fonctionnel du malade :

-Ischémie aigue de membre : nécessitera un geste de revascularisation par pontage ou anastomose simple dans les 6 heures, le plus souvent par le chirurgien vasculaire après stabilisation du montage osseux.

- Syndrome des loges : qui nécessite en **extrême** urgence la réalisation de fasciotomies de toutes les loges musculaires.

b) Fracture avec exposition du matériel :

Elles correspondent en général à une exposition du matériel d'ostéosynthèse sur une nécrose de la voie d'abord chirurgicale. Souvent l'origine traumatique est moins sévère et le terrain fragile, elles pourront correspondre à une souffrance initiale majeure plus ou moins liée à une réduction tardive, à une mauvaise appréciation de la vitalité des parties molles ou une infection précoce du site opératoire.

Le mécanisme traduira souvent l'association de ces différents facteurs et elle nécessitera une prise en charge rapide avec le retrait du matériel, la réalisation de prélèvements associées à une antibiothérapie adaptée prolongée et la mise en place d'une ostéosynthèse externe en attendant le geste de couverture.

c) Exposition traumatique :

Elles traduisent d'une atteinte étendue ou localisée des parties molles avec l'exposition d'une structure noble (tendon d'Achille, calcanéum...) qui nécessitera un geste de couverture ou un resurfacage. L'absence d'exposition osseuse facilite la prise en charge infectieuse.

En revanche ce type de traumatisme intéressera préférentiellement la distalité du membre inférieur et devra faire l'objet d'une reconstruction précise permettant un chaussage et un appui fonctionnel et durable.

8. RATIONNEL INFECTIEUX

Propre à chaque traumatisme, une effraction de la barrière cutanée introduit un risque infectieux. Dès lors qu'il existe une fracture ouverte, il s'agit d'une urgence chirurgicale dont la complication majeure sera l'ostéomyélite (*l'infection de l'os et de la médullaire*), et dont l'incidence est directement corrélée à la classification de Gustilo(34).

Les complications infectieuses surviennent à des taux autour de 2 à 5% pour les Gustilo I, II et IIIA, mais leur prévalence peut augmenter jusque 50 % pour les Gustilo IIIB et C (89).

A noter que l'infection est souvent due aux pathogènes inoculés pendant l'accident, le germe le plus fréquemment retrouvé reste le Staphylocoque Aureus dans 55-56% des cas (90,91), une association poly-microbienne à BGN (*type entérobactéries, pseudomonas*) est fréquemment retrouvée dans 10 – 55%(92).

Il a été démontré que la réalisation de prélèvements au niveau de la plaie avant/après le parage chirurgical initial n'avait aucun intérêt dans la prise en charge, l'agent infectieux mis en cause n'étant que rarement identifié(93)(94) lors des infections ultérieures du site opératoire ou des ostéomyélites.

Les fractures ouvertes restent un domaine de la chirurgie où la durée et le choix de l'administration d'antibiotiques ne sont pas complètement élucidés.

Mais on sait que l'administration d'une antibioprofylaxie est associée à un taux d'infections précoces significativement plus bas dans deux méta-analyses(92)(95).

En l'état actuel des connaissances il existe des recommandations de la SFAR(96) guidées par les recommandations internationales (97) avec un niveau de preuve grade B:

- Antibiotiques couvrant les bactéries Gram positif (Staph. Aureus) à débiter le plus rapidement possible (< 3 heures) pour les Gustilo I, II et III :
Augmentin ou Céphalosporine en IV 1^e ou 2^e génération.
- Antibiotiques couvrant les bactéries Gram négatif à ajouter pour les Gustilo de type III : **Aminoside (Gentamicine)** en IV
- S'il existe une contamination organique (blessure tellurique) alors il faudra ajouter de la pénicilline à haute dose ou **du Flagyl** en IV.

La durée de l'antibioprophylaxie pour les fractures ouvertes, habituellement de 48h, ne devra pas dépasser 72h et cette durée maximale sera limitée aux fractures de grade III, pour être en accord avec la méta-analyse de Messner et al(98).

Il faudra poursuivre la couverture antibiotique jusqu'à 24h après la couverture définitive du foyer de fracture dans le cas des fractures de grade IIIB, C.

9. LA RECONSTRUCTION

1. Les objectifs

Dans le cadre de la chirurgie reconstructrice des membres, la fonction doit prévaloir sur le reste.

L'objectif pour le chirurgien plasticien est d'obtenir la couverture du foyer de fracture par un tissu cicatrisé stable dans le temps, avec un aspect cosmétique compatible au retour à une vie sociale correcte, en minimisant l'impact morbide sur le site donneur.

L'objectif du chirurgien orthopédique est la remise en charge avec une récupération fonctionnelle proche de l'état antérieur avec un retour à un fonctionnement normal sans limitation des activités.

Le succès global d'un sauvetage de membre inférieur devra réunir l'ensemble des objectifs, car la réussite d'une couverture ne correspondra pas forcément à un succès global.

En effet un lambeau de couverture parfaitement cicatrisé pourra couvrir un foyer de fracture en pseudarthrose et donc non consolidé ne permettant pas le retour à la fonction.

Les reconstructions du membre inférieur auront pour but de :

- Couvrir un foyer de fracture afin de prévenir une complication infectieuse et permettre la consolidation osseuse.
- Couvrir l'exposition d'une structure noble (os, tendon, pédicule) afin d'en prévenir l'altération et d'en préserver la fonction.
- Reconstruire un tissu détruit par le traumatisme (os, tendon, muscle).
- Obtenir la consolidation du tissu osseux au niveau du foyer de fracture.
- Retrouver une fonction.

2. Le choix de la technique

L'échelle de la reconstruction (« *the reconstructive ladder* ») permet de développer l'arsenal de la reconstruction allant du plus simple au plus complexe, elle reste le standard dans la sélection de la méthode de couverture dans la grande majorité des cas(99).

Suture directe, cicatrisation dirigée et greffe de peau peuvent être utilisées lorsqu'il s'agit de petites pertes de substance ou lorsqu'il n'existe aucun tissu noble à couvrir. Ces situations sont le plus souvent gérées directement par les chirurgiens orthopédistes-traumatologues en urgence ou secondairement. Lorsque ces situations sont dépassées, la mise en place d'un lambeau est une obligation, il s'agit de savoir dans quel cas il est préférable d'utiliser un lambeau local pédiculé ou un lambeau libre.

Historiquement, un lambeau local pédiculé était préféré autant que possible ; et lorsque la taille de la perte de substance était très importante ou lorsqu'une reconstruction pluritissulaire était nécessaire, on devait « grimper » une marche supplémentaire et envisager un transfert microchirurgical.

Depuis une vingtaine d'années, le « *sommet de l'échelle de la reconstruction* » s'est particulièrement transformé en ce qui concerne la reconstruction du membre inférieur avec le développement des lambeaux perforants pédiculés(100), des lambeaux « sur mesure », des lambeaux libres extra- fins(101,102), de la super-microchirurgie(103), des lambeaux « perforator to perforator », ou encore des lambeaux « free-style »(104).

Définitions :

- Supermicrochirurgie : correspond à la dissection et à la réalisation d'anastomoses sur des vaisseaux de diamètres compris entre 0,8 et 0,3mm(103)
- Lambeaux libres « free style » : Décrit par Weil et al en 2004(104), il s'agit d'une technique consistant à réaliser un lambeau libre en se basant uniquement sur un repérage préopératoire d'un signal doppler dans une région spécifique.

Les dogmes changent, actuellement en 2021, il n'est pas plus difficile de faire un lambeau antérolatéral de cuisse (anterolateral thigh, ALT) libre qu'un lambeau supramalléolaire externe pédiculé ; en revanche, il est beaucoup plus technique de réaliser un lambeau perforant pédiculé tibial postérieur qu'un lambeau musculaire libre de grand dorsal(99).

L'époque est au respect des tissus adjacents en privilégiant la réalisation de lambeaux épargnant les sites donneurs comme les lambeaux perforants(105–108), qu'ils soient pédiculé ou libre à la différence des lambeaux historiques prélevant les muscles tels que le *latissimus dorsi*, le *rectus abdomini* ou le *serratus anterior*. L'heure est au respect des tissus et donc de la fonction aussi bien au niveau de la zone receveuse que de la zone donneuse. Il ne s'agit plus de reconstruire à tout prix, il faut prendre en compte les séquelles de la zone donneuse et également l'aspect cosmétique de la reconstruction.

Depuis leur première description en 1989 avec *Koshima et al.*(109), on assiste à une recrudescence de l'utilisation des lambeaux perforants par rapport aux lambeaux musculaires. Ceux-ci se sont avérés fiables et même supérieurs en terme de résultats fonctionnels et esthétiques dans le cadre des reconstructions de perte de substance des parties molles des membres inférieurs(110,111).

Une couverture stable de la plaie et une consolidation osseuse sont obtenues avec les deux types de lambeaux (perforants et musculaires), même en présence d'une infection, ce qui a déplacé la préférence des lambeaux musculaires libres vers les lambeaux libres perforants.



Figure 13 : Représentation schématique "The reconstructive Ladder" (112)

3. La reconstruction des tissus mous

La solution idéale pour une perte de substance donnée n'existe pas, la décision doit prendre en compte avant tout le terrain, le mécanisme, le timing. Il est impossible de vouloir créer un arbre décisionnel imparable en fonction de la localisation. Malgré cela, un certain nombre de situations « fréquentes » nous permettent de définir quelques grandes lignes concernant les choix de reconstruction en fonction des localisations des pertes de substances.

- La région crurale :

Elle intéressera rarement le reconstructeur en traumatologie, même en cas de fracture ouverte sauf dans le cas où il faudrait réaliser une reconstruction osseuse significative (fracture avec perte de substance importante, pseudarthrose septique(113))

En raison de l'importance des tissus mous qui composent la cuisse, il sera possible de réaliser simplement une couverture par la mobilisation des masses musculaires avoisinantes.

L'utilisation du lambeau ALT pédiculé reste le gold standard de la région aussi bien au niveau de la racine de la cuisse qu'au niveau du genou(114). Son équivalent médial (AMT(54,115)) est également utilisable de mêmes que d'autres perforants régionaux (GAP) ou freestyle (voir Figure 14).

Le chirurgien peut également envisager un lambeau cutané inguinal de Mcgregor(116) ou un lambeau musculaire de Tenseur de fascia-lata.

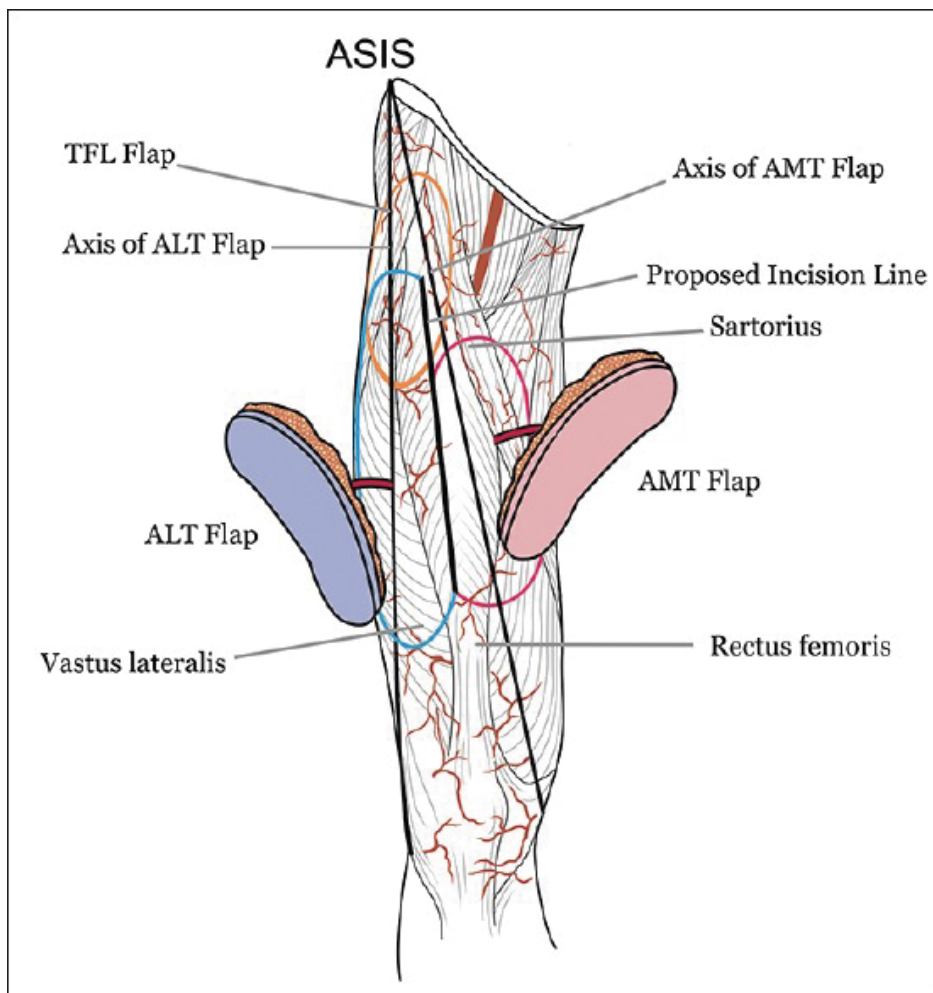


Figure 14 : Schéma anatomique des lambeaux perforants de la cuisse ALT et AMT (115)

- **Le genou :**

Pour les pertes de substances de petite taille de la patella ou de la tubérosité tibiale antérieure on utilisera classiquement un lambeau pédiculé de gastrocnémien médial, mais il restera insuffisant pour couvrir le pôle supérieur du genou. Une solution plus raffinée serait la réalisation d'un lambeau basé sur la perforante de l'artère surale médiale (MSAP flap)(60) épargnant ainsi le muscle gastrocnémien médial et préservant ainsi sa fonction.

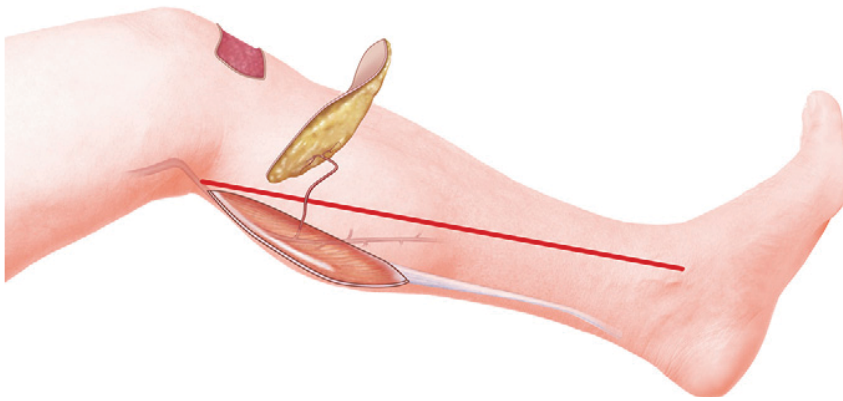


Figure 15 : Schéma d'un lambeau MSAP. Les perforantes sont localisées sur une ligne tracée entre le creux poplité et la malléole interne, au niveau du 1/3 supérieur (60).

Lors de traumatismes délabrants (perte de substance tri-dimensionnelle), un lambeau de grande taille (*latissimus dorsi*, *parascapulaire*) doit être envisagé, ce dernier pourra être anastomosé à l'extrémité du canal de Hunter au niveau de l'artère fémorale superficielle ou une collatérale telle que l'artère descendante du genou.

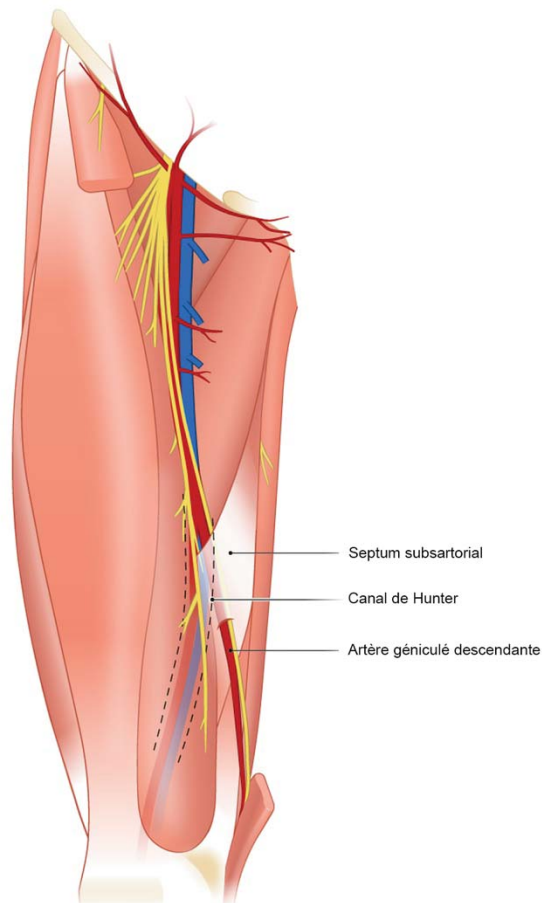


Figure 16 : Schéma du canal de Hunter (Illustration de Sieben Medical Art)

- **La jambe :**

Le 1/3 Moyen

Différents lambeaux musculaires historiques sont décrits tels que les lambeaux d'hémi-soléaires, le lambeau bi-pédiculé de tibial antérieur pour couvrir le 1/3 moyen, mais dans le contexte post traumatique la situation est souvent plus complexe. Une perte de substance limitée pourra faire appel à un lambeau musculaire ou un lambeau perforant en hélice(117), mais il sera souvent plus indiqué de réaliser un lambeau libre afin d'obtenir une couverture complète de la zone d'intérêt qui correspondra le plus souvent au foyer de fracture tibial.

Le 1/3 inférieur et la cheville

Il s'agit de la zone d'intérêt principale de notre étude, car cette zone anatomique sera le siège principal des traumatismes complexes du membre inférieur. Son anatomie est essentiellement osseuse et tendineuse, sans masse musculaire, recouverte d'une peau fine, peu extensible et faiblement vascularisée. Bien que l'on garde toujours en tête une place pour la réalisation de lambeaux locaux qui pourront selon le contexte permettre la couverture de la perte de substance, il faudra souvent avoir recours à la réalisation d'un lambeau libre(62).

- **Le pied et talon :**

La couverture du dos du pied doit correspondre à une exigence fonctionnelle majeure : **le chaussage**, il faudra donc privilégier la mise en place d'un lambeau fin tel qu'un perforant ALT, un lambeau antébrachial radial ou encore un lambeau de fascia (superficialis temporalis ou serratus anterior) greffé en peau mince. Le talon est encore sujet à discussion, sa couverture nécessite la mise en place d'un lambeau suffisamment robuste afin de permettre un matelassage des zones exposées et portantes tout en conservant une finesse suffisante pour permettre un chaussage.

Lorsque sa réalisation est possible (*perte de substance limitée*) il faut réaliser un lambeau de plantaire interne qui a l'avantage de remplacer la peau du talon par un tissu presque équivalent et d'être un lambeau sensible(118), bien que la zone donneuse nécessite une greffe de peau elle ne se trouve pas en zone portante. Dans les autres cas le débat porte sur la supériorité d'un lambeau perforant (ALT sensitif) ou un lambeau musculaire greffé, plusieurs auteurs ont essayé de mettre fin à la controverse sans succès(119).

4. La reconstruction osseuse

Elle a pour but de pallier un défaut de tissu osseux ayant été détruit par le traumatisme directement ou à distance par l'infection osseuse. De nombreuses techniques ont été décrites et trouvent une place dans la reconstruction du membre, la sélection dépend de la situation clinique rencontrée (contexte septique, taille du défaut osseux).

Pour obtenir une consolidation osseuse de qualité 2 éléments sont capitaux : une **stabilisation osseuse stricte** et un **apport sanguin artériel suffisant**.

→ Greffe de tissu non vascularisé :

Le matériau de greffe osseuse idéal aura trois propriétés permettant le remodelage osseux : *l'ostéogenèse*, *l'ostéoinduction* et *l'ostéoconduction*. **L'ostéogenèse** décrit la croissance osseuse naturelle ; une greffe ostéogénique aura des cellules ostéoprogénitrices viables dans le matériau de greffe. **L'ostéoinduction** est la capacité d'induire des cellules indifférenciées et pluripotentes environnantes en ostéoblastes, ou cellules osseuses. **L'ostéoconduction** décrit la présence de l'échafaudage sur lequel le nouvel os se développe(120).

La greffe osseuse autologue est le gold standard pour les reconstructions de taille petite à modérée ne dépassant pas 6 cm. Le réservoir préférentiel est la crête iliaque antérieure ou postérieure permettant des prélèvements allant jusqu'à 60cc(112).

Site de prélèvement	Volume moyen
<i>Crête iliaque postérieure</i>	60-80cc
<i>Crête iliaque antérieure</i>	40-60cc
<i>Fémur proximal</i>	30-40cc
<i>Fémur distal</i>	30-50cc
<i>Tibia proximal</i>	30-50cc
<i>Tibia distal</i>	15-20cc
<i>Calcanéum</i>	10-15cc

→ La technique de Masquelet ou « Membrane induite »(121) :

Cette technique en deux temps permet la reconstruction osseuse d'un défaut pouvant atteindre jusqu'à 25cm.

La première étape comprend le débridement du site défectueux et la mise en place d'une entretoise en ciment. Ce « *spacer* » de ciment induit une réaction de corps étranger, entraînant la formation d'une membrane qui présente des caractéristiques favorables à la régénération osseuse qui sont maximales entre 4 et 8 semaines. Au cours de la deuxième étape, l'entretoise de ciment est explantée en prenant soin de préserver la membrane d'encapsulation. L'espace résiduel à l'intérieur de la membrane est ensuite greffé avec de l'os spongieux et la membrane est fermée sur la greffe.

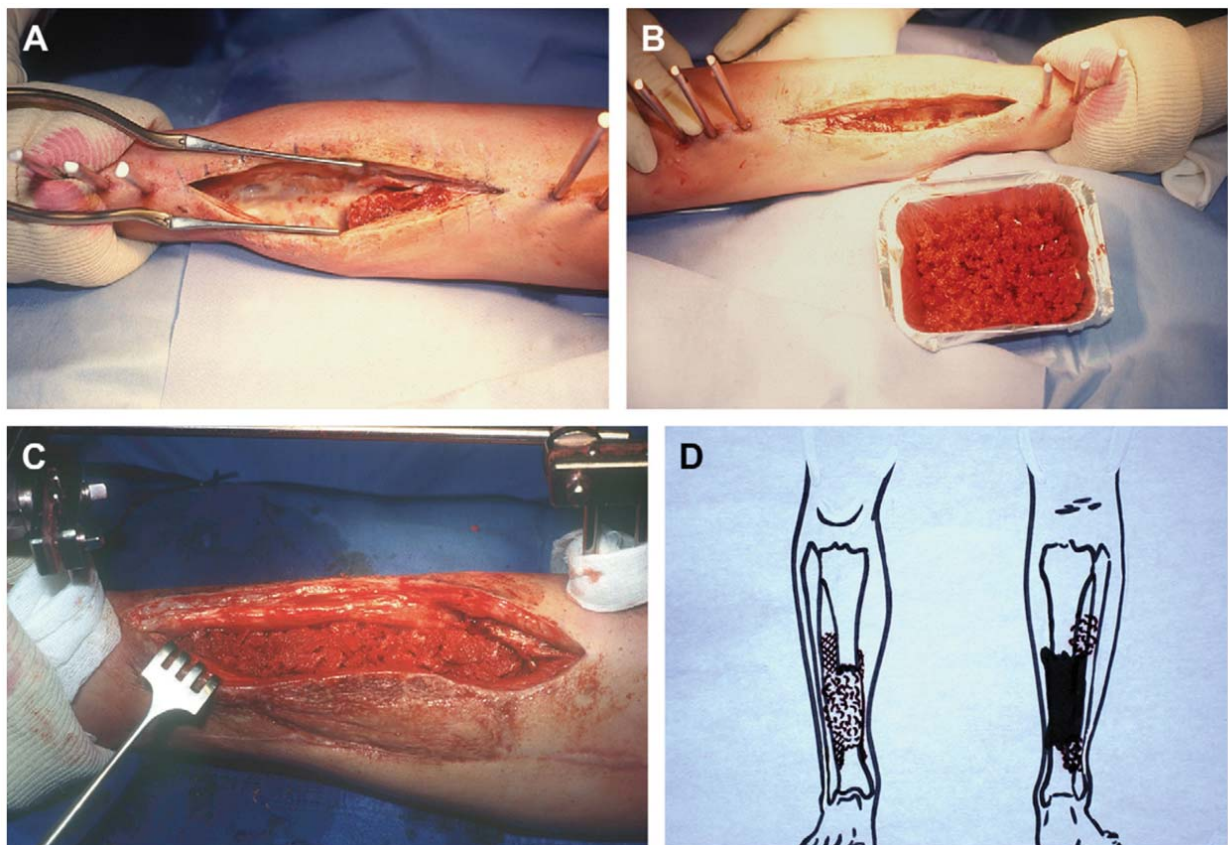


Figure 17 : Éléments de technique. (A). L'aspect préopératoire de la membrane juste avant le remplissage de la cavité (B) Greffe osseuse spongieuse morcellée (C) La cavité est remplie (D) Schéma détaillant l'application de l'entretoise sur la fibula .(121)

→ La réalisation d'un lambeau libre osseux :

Les possibilités sont nombreuses (fibula, inguinale, scapulaire, costale) et permettent l'apport d'un tissu osseux vascularisé pour des indications comprises entre 6 et 12cm (ce qui correspondra à la taille maximale du prélèvement).

La consolidation osseuse prendra jusqu'à 15 mois(57). Cette technique sera parfois utilisée en association avec un os « banque » pour réaliser une technique hybride dite de Capanna.

Il s'agit d'une allogreffe osseuse massive (os banque) combinée à une fibula vascularisée fixée en centromédullaire pour reconstruire de grands défauts osseux segmentaires. Cela produit une reconstruction structurellement compétente avec des capacités vasculaires et ostéogéniques améliorées et le potentiel de réduire les taux d'infection, de fracture et de pseudarthrose. La technique de Capanna est devenue un moyen bien établi de reconstruction des os longs et de sauvetage de membre en cas de résection osseuse large et importante (tibia et fémur)(113).



Figure 18 : Illustration de la technique de Capanna. Fibula libre installé en centro-médullaire d'une greffe d'os fémoral(113)

→ L'ostéogénèse par distraction ou « technique d'Ilizarov »(122):

Cette technique développée par Ilizarov dans les années 1950 repose sur le concept d'ostéogénèse en distraction et l'utilisation d'une ostéosynthèse stable et élastique.

Le principe de cette technique débute par la réalisation d'une corticotomie transversale en zone métaphysaire (forte croissance osseuse) en respectant les apports vasculaires du périoste et de l'endoste. Le segment osseux à reconstruire est verrouillé dans un fixateur externe cylindrique qui va permettre la distraction vers la zone osseuse à reconstruire. Au niveau de la corticotomie la distraction osseuse va générer une ossification tandis que la compression distale va permettre la consolidation.

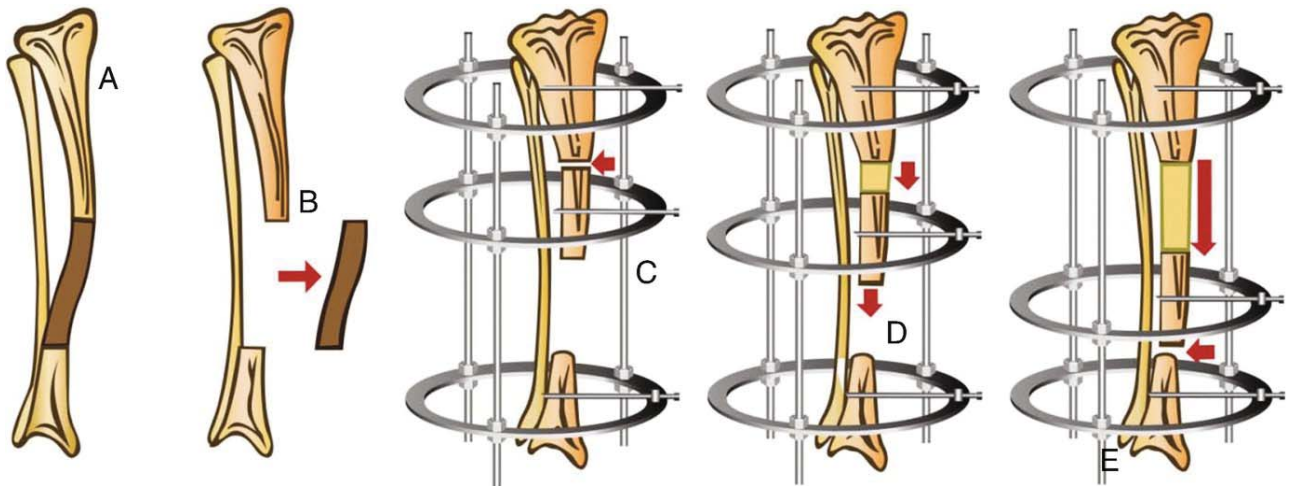


Figure 19 : Principe de la distraction osseuse par Ilizarov (General Principles of Orthopedics and Trauma pp607-617

A Représentation d'un tibia pathologique avec déformation B Exérèse chirurgicale du tissu pathologique C Corticotomie métaphysaire et fixateur externe cylindrique D Distraction osseuse et ossification proximale E Consolidation distale par compression.

III. DE L'AMPUTATION A LA MICROCHIRURGIE : REVUE DE LA LITTERATURE

Depuis le développement des techniques microchirurgicales dans les années 1960, le paradigme de la reconstruction a entièrement changé, les objectifs du chirurgien ont augmenté parallèlement aux connaissances microchirurgicales. Malgré cela le risque d'échec de cette technique est présent et il varie de de 1 à 10% dans la littérature pour la microchirurgie générale(123), avec des taux plus importants dans le cadre de la reconstruction traumatique du membre inférieur pouvant aller jusqu'à 15% d'échec (124,125).

L'échec d'une reconstruction par lambeau libre se définit par la nécrose totale ou partielle avec nécessité d'effectuer une nouvelle reconstruction ou dans certains cas de recourir à l'amputation, il s'agit alors d'un processus lourd avec un retentissement important pour le patient et l'équipe chirurgicale.

Une connaissance approfondie des mécanismes fondamentaux de la microchirurgie permet à l'opérateur d'améliorer sa pratique et d'identifier les potentielles erreurs de sa prise en charge afin d'optimiser ses résultats.

1. MICROCHIRURGIE ET PHYSIOPATHOLOGIE

Le concept de lambeau libre est basé sur la transplantation d'un fragment tissulaire vascularisé par un pédicule identifié (artère et veine) depuis son site donneur vers le territoire anatomique à reconstruire.

Ce transplant doit donc être revascularisé rapidement au niveau du site donneur par le biais d'anastomoses microchirurgicales qui ont lieu sous couvert d'un microscope afin de limiter les phénomènes ischémiques et assurer sa viabilité.

Lors du déclampage des anastomoses une nouvelle dynamique entre en jeu pour le lambeau au travers de mécanismes d'adaptation, cette étape clé déterminera l'intégration du lambeau au niveau du site donneur.

En fin d'intervention, l'opérateur observera des signes de vitalité clinique du lambeau (couleur, recoloration, saignement, chaleur) ainsi qu'un flux laminaire au niveau du pédicule (pulsatilité, test de perméabilité, doppler).

a) Physiopathologie de la micro-thrombose

La **rhéologie** (du grec ancien : ῥέω/rhéō, «couler» et λόγος / lógos, « étude ») correspond à l'étude des fluides ou des matières visqueuses sous l'effet d'une contrainte, elle va nous permettre de mieux comprendre le déplacement du sang dans les vaisseaux et par conséquent de mieux appréhender les mécanismes qui pourront venir modifier cette dynamique dans le contexte traumatique et chirurgical. Lors de la réalisation des anastomoses vasculaires l'opérateur induit des modifications, les conditions qui viennent s'appliquer au pédicule receveur bouleversent la situation hémodynamique locale.

L'écoulement d'un fluide visqueux à travers un cylindre horizontal a été décrit au travers d'une équation mathématique : **la loi de Hagen-Poiseuille**(126). De manière générale, la loi de Poiseuille énonce de façon théorique la relation entre le débit d'un écoulement et la viscosité du fluide, la différence de pression aux extrémités de la canalisation, la longueur et le rayon de cette canalisation.

$$Q = (\pi R^4) / (8\mu) \times (\Delta P / L)$$

Avec Q le débit sanguin

R le rayon de l'artère

μ la viscosité du sang

P la pression artérielle

L la longueur du vaisseau

Il devient alors plus simple de comprendre les notions de la triade de Virchow introduite en 1856 pour définir les facteurs principaux responsables de la thrombose vasculaire(127) :

- **La variation hémodynamique** : qui se traduira par une diminution de la pression dans le vaisseau (P) et qui sera responsable en cas de stase (donc d'une diminution du débit) d'une augmentation du risque thrombogène par augmentation de l'agrégation plaquettaire dans la lumière endothéliale.

- **L'altération de l'endothélium** : elle correspond à l'agression de la paroi du tube vasculaire responsable d'une exposition du matériel histologique de l'intima par rupture de la lame élastique interne. Elle favorise l'activation plaquettaire et donc le risque de thrombose vasculaire.
Une atteinte de cet endothélium est souvent multifactorielle et apparaîtra lors de la manipulation chirurgicale (pincés, clamps, suture) mais elle peut être également préexistante liée au contexte pathologique locale (traumatisme, infection). Sur le plan mécanique une modification des propriétés physiques locales en cas de réduction de la lumière du pédicule (R) tel qu'un vasospasme ou d'un défaut de coaptation des anastomoses (asymétrie de taille des vaisseaux, erreur microchirurgicale) seront également responsables d'une modification du flux sanguin pouvant favoriser l'apparition de thrombus voire d'une occlusion mécanique complète.

- **Hypercoagulabilité** : Elle correspond à la modification de la viscosité du sang (μ), son augmentation diminuera la vitesse du flux sanguin dans les vaisseaux.
Ces modifications peuvent résulter d'une condition pathologique antérieure (thrombophilie, ...) mais elles seront également induites par le geste chirurgical en lui-même, ou par l'atteinte lésionnelle initiale (traumatisme, cancer) responsable d'une inflammation tissulaire locale majeure.

Il apparaît dès lors que le contexte microchirurgical d'une reconstruction par lambeau libre est le terrain favorable à l'apparition d'une thrombose du pédicule vasculaire nourricier(128).

La perméabilité des anastomoses vasculaires représentera l'un des défis techniques principaux de l'intervention. Cette réussite dépend pour beaucoup de l'expérience en microchirurgie de l'opérateur(129) permettant une revascularisation avec une technique opératoire fiable et constante. Une mauvaise perméabilité entraînera systématiquement une altération du flux et par conséquent une thrombose artérielle ou veineuse qui se traduira systématiquement par une nécrose du lambeau en l'absence de révision rapide.

b) Ischémie et mécanismes d'adaptation :

Toute procédure microchirurgicale impliquant le transfert libre d'un tissu nécessite une période obligatoire d'ischémie du tissu transféré, dans les conditions normales cette période dure entre 1 à 3h selon la complexité du cas. Si cette période se prolonge au-delà de la durée d'ischémie critique alors les dommages tissulaires seront irréversibles et le lambeau évoluera vers la nécrose(130).

Les lambeaux peuvent être sujet à différents types de lésions ischémiques :

- L'ischémie de la zone distale du lambeau s'il est trop grand pour obtenir une perfusion distale suffisante.

- L'ischémie totale du lambeau correspondant à une ischémie globale, son origine est alors une insuffisance artérielle par un défaut brut d'apport en sang oxygéné ou par une altération du retour veineux.

Au niveau tissulaire l'ischémie se traduit par un manque d'oxygène et une conversion du métabolisme cellulaire en anaérobie.

La dette d'oxygène et la déplétion énergétique cellulaire mènent à des altérations biochimiques dont un fonctionnement atypique des métabolites cytoplasmiques et un mauvais fonctionnement des transporteurs cellulaires.

Une conséquence importante sera l'augmentation intracellulaire de calcium qui va être responsable de la production d'enzymes pro-inflammatoires et de radicaux libres.

Les cellules présentant une activité métabolique importante verront leur capacité énergétique fondre plus rapidement et seront donc les premières affectées telles que les cellules musculaires(131), il n'existe pas d'études cliniques montrant la résistance d'un lambeau musculaire par rapport à un autre type de lambeau.

L'origine de l'ischémie peut donc être artérielle transitoire au cours du sevrage du lambeau ou permanente en l'absence de prise en charge spécifique d'une thrombose artérielle, sténose microchirurgicale ou d'une compression externe du pédicule.

Le mécanisme de l'ischémie par insuffisance veineuse est insidieux et plus complexe, et ses effets sont souvent plus délétères et plus lentement réversibles, sa traduction clinique sur le lambeau sera parfois plus difficile à apprécier même pour un chirurgien expérimenté (132).

Les conséquences de l'ischémie résultent alors d'une augmentation de la pression hydrostatique en amont de la lésion entraînant les évènements suivants :

Formation d'un **œdème** dans l'interstitium : secondaire à l'extravasation du plasma dans le secteur extracellulaire interstitiel. Cet œdème sera responsable d'une diminution des échanges gazeux responsable d'une augmentation du métabolisme anaérobique.

Hémoconcentration secondaire à la fuite du plasma majorant encore la diminution des échanges gazeux par diminution de la vitesse d'écoulement du sang suite à l'augmentation de la viscosité sanguine (μ).

Retentissement sur le système artériel : l'augmentation de la pression hydrostatique dans le système capillaire entraîne une diminution du flux artériel en amont également majoré par l'œdème tissulaire qui va augmenter la résistance au niveau capillaire par diminution du calibre (R).

L'ischémie est également responsable de lésions de reperfusion d'autant plus considérable que sa durée est prolongée.

Le paradoxe de la lésion de reperfusion est que le rétablissement d'une vascularisation normale est responsable du processus lésionnel, la reperfusion entraîne une majoration transitoire des anomalies métaboliques responsables d'une production importante de radicaux libres (en particulier les dérivés de l'oxygène réactif) et une activation pathologique des neutrophiles.

Ces éléments agressent l'endothélium capillaire créant ainsi un environnement pro-coagulant avec la promotion d'une adhérence plaquettaire anormale et le relargage d'éléments vasoconstricteurs et thrombogéniques qui seront à l'origine de la formation de micro-thromboses capillaires.

Au niveau de l'arborescence capillaire distale ce phénomène correspond alors au « no reflow » se traduisant par une absence de revascularisation malgré la levée de l'obstruction artérielle et qui pourra accentuer les lésions d'ischémie de reperfusion(133).

Dans les premiers temps qui suivent la reconstruction, le lambeau libre n'est donc vascularisé que par son pédicule nourricier, mais au cours de son intégration ce tissu va développer un système collatéral périphérique avec les structures environnantes. Il s'agit de la **néo-vascularisation** qui pourra apparaître, selon le terrain, dans les 10 premiers jours pour un lambeau musculo-cutané(134). A cela s'ajoute le phénomène de **vasculogénèse** qui comprend l'ensemble des mécanismes d'adaptation des systèmes vasculaires existant tel que la dilatation des vaisseaux favorisant l'augmentation du débit (Q) par augmentation du diamètre artériel (R) augmentant les apports en sang oxygéné. On observe ce phénomène notamment pour les « *choke vessels* » habituellement de calibre réduit qui relient les territoires vasculaires cutanés (angiosomes) et qui vont présenter une augmentation de calibre transitoire.

c) Microchirurgie en terrain traumatique

Les études qui traitent de la reconstruction microchirurgicale sont nombreuses, particulièrement dans le cadre de la reconstruction de cancer en tête et cou, en reconstruction mammaire, dans le cadre des amputations traumatiques digitales pour lesquelles les indications et l'environnement chirurgical est souvent mieux identifié. En revanche bien que de nombreuses études rétrospectives traitent de son utilisation dans le cadre des reconstructions post-traumatiques de membres inférieurs (RPTMI) peu d'entre elles font état des mécanismes complexes qui entourent le processus lésionnel.

L'évènement traumatique est violent, immédiat, et dynamique dans le temps engendrant des pertes de substances extrêmement variables difficiles à généraliser dans leur prise en charge, la localisation préférentielle au membre inférieur et surtout à sa distalité entraîne également des particularités liées aux différentes spécificités anatomiques de couverture et de drainage de cette zone.

Il est intéressant de décrire le traumatisme en deux entités, la zone lésionnelle qui constitue la blessure macroscopique à proprement parler qui se compose d'une atteinte multi-tissulaire.

Et la zone péri-lésionnelle dont l'appréciation clinique est plus insidieuse et correspond à l'extension tissulaire du traumatisme autour de la perte de substance, son importance est d'autant plus grande que le traumatisme est violent.

-La fracture osseuse : qui correspond généralement à l'épicentre du traumatisme, soit la zone de plus haute énergie lésionnelle. La gravité de son atteinte dépend de la comminution de la fracture, de la quantité d'exposition osseuse, de l'atteinte du périoste qui l'entoure et qui permettra sa consolidation. Sa consolidation en l'absence d'ostéomyélite définira l'objectif de l'orthopédiste parfois assisté du plasticien.

-Les tissus mous : Les différents types de traumatismes vont entraîner des atteintes variables dans leur présentation. Un écrasement, une dilacération, un arrachement, qui auront pour conséquence commune une destruction plus ou moins importante se traduisant par une nécrose tissulaire dont l'évolution se fera progressivement. L'importance d'un parage extensif préserve la zone lésionnelle des phénomènes inflammatoires majeurs causés par la nécrose progressive des tissus, notamment des muscles qui sont plus sensiblement touchés du fait de leur capacité anaérobie très limitée.

L'inflammation locale et la contamination tellurique exposent au risque infectieux d'ostéomyélite, d'autant plus que la durée de la prise en charge est longue bien que depuis quelques années l'apparition des thérapies à pression négative pour la couverture temporaire des pertes de substances permettent à *priori* de sécuriser davantage le délai de prise en charge(135).

La thérapie à pression négative permet la diminution de l'inoculum bactérien grâce à son système sous vide, et en favorisant l'angiogénèse, le drainage des exsudats et donc la stagnation locale.

- L'atteinte vasculaire : à l'image de l'atteinte des parties molles, le traumatisme peut entraîner des lésions variables au niveau des différents pédicules vasculaires dont le pronostic définira la stratégie de reconstruction.

Le pédicule peut être rompu, déchiré, contus, son évaluation se fera lors de la prise en charge chirurgicale initiale afin de déterminer si possible sa perméabilité. A l'échelle microscopique le traumatisme induit rupture de la continuité de l'endothélium avec exposition du matériel cellulaire de l'intima, entraînant des phénomènes pro-inflammatoires, pro-thrombotiques, pro-coagulants et anti-fibrinolytiques(136).

Dans l'histoire naturelle du traumatisme de membre inférieur il existe une phase inflammatoire importante qui débute autour de la première semaine et qui se mesure biologiquement par une élévation des Interleukines 6 associée à des phénomènes de thrombocytose(137). Certains auteurs suggèrent un risque de thrombose majoré autour de cette période en lien avec l'environnement biologique inflammatoire notamment au cours de la deuxième semaine avec un pic d'élévation des plaquettes qui semble corroboré par la littérature(138).

Les lésions vasculaires associées au traumatisme endothélial réalisé lors de l'anastomose microchirurgicale favorisent donc le risque de survenue de thrombose du pédicule vasculaire.

Dans les suites du traumatisme, une imagerie vasculaire (artériographie, angioscanner, angiIRM, Doppler vasculaire) sera indispensable pour cartographier le réseau vasculaire et déceler des lésions secondaires (espace mort, thromboses à distance, anomalies vasculaires, athérome et sténose) permettant d'affiner la stratégie chirurgicale et notamment décider de la localisation des anastomoses(63).

Il est admis que le traumatisme entraîne en dehors de la zone lésionnelle immédiate une atteinte inflammatoire extensive atteignant les structures molles responsables d'une fibrose péri-lésionnelle notamment au niveau des pédicules vasculaires alors responsables d'une susceptibilité aux phénomènes de spasmes vasculaires, de thromboses.

Ce concept introduit par Acland(139) en 1990 porte le nom de «PTVD : Post Traumatic Vessel Disease » et se définit entre autres par plusieurs phénomènes qui apparaissent dès la première semaine :

- 1/ *Perte des plans de dissection au niveau des pédicules*
- 2/ *Tendance marqué au vasospasme*
- 3/ *Perte des vasa vasorum*

Selon l'auteur, il pourrait s'agir d'une extension environnante de l'exsudat inflammatoire lésionnel le long des structures anatomiques vasculaires responsable d'une inflammation de ces zones.

Par extension, devant le risque important de thrombose ? que comportent ces vaisseaux, il apparaît préférable de réaliser une dissection du pédicule receveur à distance pour être en zone saine voire de réaliser des pontages vasculaires pour ne

pas imposer aux vaisseaux atteints le traumatisme supplémentaire des anastomoses vasculaires.

Par la grande variété des lésions rencontrées, les contraintes orthopédiques nécessaires à la consolidation osseuse, les capacités de branchements limitées pouvant nécessiter de réaliser des anastomoses à distance, les dissections locales parfois difficiles liées à l'inflammation locale, la susceptibilité accrue des vaisseaux, la RPTMI représente un challenge chirurgical nécessitant une stratégie préopératoire parfaitement prédéfinie ainsi qu'une capacité d'adaptation importante en peropératoire associée à une surveillance accrue dans la période postopératoire.

2. IMAGERIE

L'imagerie dans le cadre d'une perte de substances importante peut être utilisée non seulement pour évaluer le pronostic vasculaire et lésionnel de la récupération d'un membre, mais aussi pour orienter la reconstruction éventuelle via l'identification, la localisation et l'évaluation qualitative des vaisseaux receveurs potentiels à des fins de reconstruction microchirurgicale.

Le Gold Standard de l'évaluation des lésions vasculaires reste l'artériographie, mais cette modalité est limitée par des taux persistants de lésions iatrogènes, couramment cités entre 1% et 5% (hématomes, les hémorragies rétropéritonéales, les pseudoanévrismes, les fistules artério-veineuses, les thromboses et dissections artérielles, les infections et les lésions neurologiques)(140).

Depuis son introduction dans la pratique clinique au début des années 1990, l'angiographie tomodensitométrique (CTA) est devenue la modalité diagnostique de choix pour évaluer les lésions vasculaires dans le cadre d'un traumatisme des membres inférieurs(141). En raison d'un profil d'effets secondaires plus favorable, ainsi que d'une résolution d'imagerie comparable à celle de l'artériographie, le CTA est rapidement devenu la modalité de diagnostic préférentielle pour évaluer les lésions vasculaires.

Malgré l'avantage évident d'exposer les patients à moins de rayonnements ionisants et d'éviter les complications telles que les pseudo-anévrismes, la thrombose vasculaire et les lésions vasculaires, l'utilisation systématique de la CTA a longtemps été débattue mais finalement acceptée dans la pratique clinique(142). Alors que l'imagerie par tomodensitométrie peut diagnostiquer une lésion vasculaire et évaluer la perméabilité des vaisseaux résiduels, elle ne permet pas une évaluation fine des flux au niveau des vaisseaux receveurs potentiels permettant de soutenir la reconstruction microchirurgicale. De plus, la sensibilité du CTA est limitée dans l'identification du vasospasme et des lésions locales(143). Pour ces raisons, de nombreux établissements continuent de s'appuyer sur l'artériographie pour l'imagerie et la planification préopératoires.

Le développement de modalités d'imagerie auxiliaire pour évaluer le vaisseau perforant pour la planification préopératoire continue d'évoluer. Les travaux récents de *Feng et al.*(144) suggèrent que l'utilisation de l'échographie doppler couleur démontre une plus grande fiabilité dans l'identification et la localisation de perforantes dominantes du lambeau des membres inférieurs par rapport à la CTA grâce à une analyse des flux sanguins. Ainsi, en fonction de la nature du lambeau envisagé, la stratégie d'imagerie préopératoire doit également être réfléchie et peut associer une imagerie « statique » (tomodensitométrie) à visée d'évaluation de localisation, nombre et sténoses vasculaires, à une imagerie « dynamique » (Doppler) permettant d'évaluer la vitesse des flux, localiser les perforantes cutanées et définir de manière adéquate la meilleure stratégie afin de maximiser les chances de succès de la reconstruction microchirurgicale.

3. LES FACTEURS DE RISQUES DE COMPLICATIONS

La maîtrise de la technique microchirurgicale n'assure pas seule le succès de l'intervention, il est primordial pour le chirurgien de connaître et gérer les facteurs de risque liés au patient, à ses comorbidités, et aux paramètres de la prise en charge au sein de la structure de soins.

1. Revue de la littérature

L'échec en microchirurgie et ses conséquences catastrophiques (délabrement important, amputation, séquelle cicatricielle majeure, retentissement psychologique) explique l'abondance de la littérature traitant des facteurs pouvant influencer sur la réussite d'un lambeau libre.

Afin de définir les contours du recueil de données, il paraissait indispensable d'effectuer une revue exhaustive de la littérature afin de déterminer quels sont ces facteurs pouvant avoir une répercussion sur le succès ou l'échec (total ou partiel) des lambeaux libres en reconstruction du membre inférieur.

Les résultats de la recherche étaient triés pour ne garder que les articles en français et en anglais.

Les titres des articles ont été lus afin de réaliser une première sélection, les doublons ont été éliminés. Puis les résumés des articles ont été triés afin de réaliser une deuxième sélection.

Les articles ayant été retenus ont été lus intégralement et retenus ou non en fonction des critères d'inclusion et d'exclusion.

La recherche a été effectuée grâce au moteur de recherche GoogleScholar et dans les bases de données suivantes : COCHRANE et PUBMED

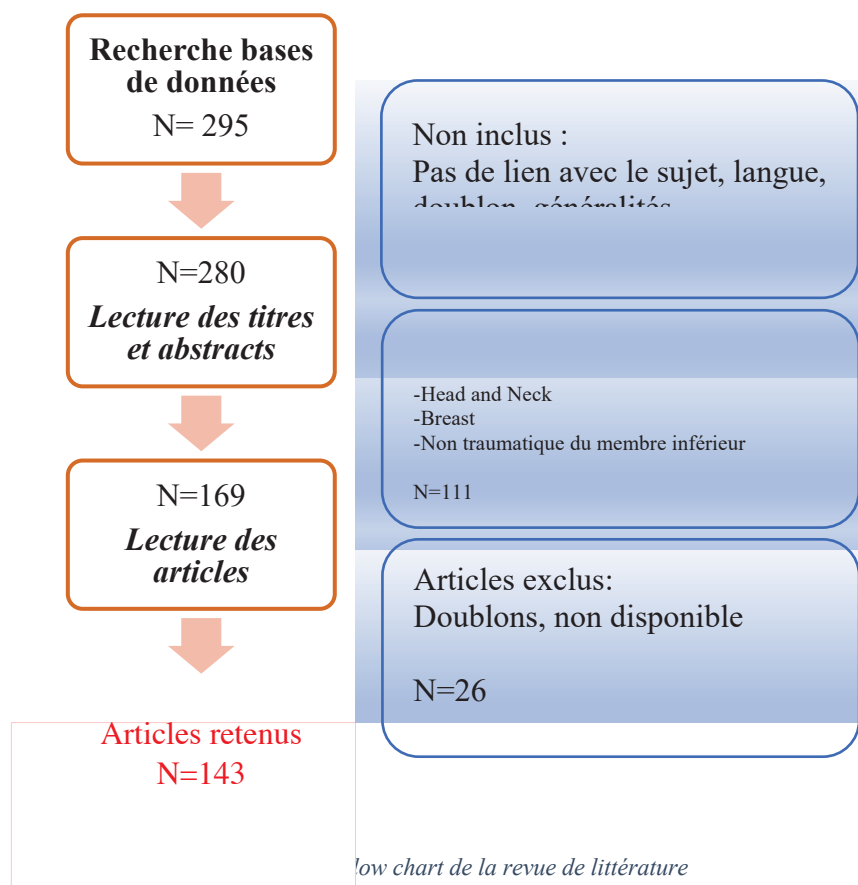
En utilisant les mots clés suivants :

“Free tissue/flap”, “Risk factors”, “failure”, “lower”, “limb”, “traumatic”, “timing”, “anticoagulation”, “age/elder”, “tobacco”, “diabete”, “atherosclerosis”, “vasoactive”, “coupler” “anticoagulation” “antithrombotic” “transfusion” “vessel” “anemia” “epinephrine/norepinephrine”, “location”, “duration”, “ischemia”.

Nous avons recherché dans un premier temps les articles qui abordaient de façon générale ces différents facteurs, ce qui nous a permis ensuite d'affiner la recherche pour chacun des critères qui apparaissaient comme pertinent.

La plupart des articles sont des études rétrospectives monocentriques qui présentaient donc un faible niveau de preuve (niveau 4), avec de grandes hétérogénéités dans les groupes de patients et dans les indications chirurgicales. Les objectifs étudiés sont rarement les délais de consolidation osseuse, les taux d'ostéomyélites ou la survie du lambeau à distance. En effet les critères de réussite d'un lambeau ne sont que rarement corrélés à la situation clinique définitive du patient à savoir la reprise de la marche avec une consolidation osseuse en l'absence de plaie chronique.

En raison du manque de validité externe de la plupart des études, et du peu de méta-analyse existante en lien avec la variabilité des critères d'évaluation il est difficile de définir une prise en charge consensuelle ?



Flow chart de la revue de littérature

Pour faciliter l'organisation de cette réflexion nous avons divisé en 4 parties le fruit de cette recherche :

- **Préopératoire** : rassemble notamment les caractéristiques intrinsèques du patient

- **Peropératoire** : ensemble des facteurs sous contrôle de l'équipe médicale du centre d'étude au cours de l'intervention

- **Postopératoire** : ensemble des facteurs intervenant après l'intervention.

2. Les facteurs préopératoires :

a) Âge

Il est classiquement admis dans le corps médical que l'âge est un facteur de risque de complications en général(145), à cela s'ajoute le contexte d'une population vieillissante requérant de plus en plus fréquemment des reconstructions complexes par lambeau libre.

En 2020 en France, la population de plus de 60 ans représente 27% de la population dont 9,5% de plus de 75 ans(146), avec la projection d'un vieillissement croissant dans les prochaines décennies. Il existe un débat dans les sociétés savantes quant à la définition d'un patient « âgé », mais il est souvent convenu que la limite se situe autour de 75 ans.

Dans notre revue de littérature, 18 articles traitaient spécifiquement de la relation entre l'âge et les complications microchirurgicales.

De nombreuses études ont été conduites pour évaluer la sécurité des reconstructions microchirurgicales chez les patients plus âgés, cependant il existe une controverse liée à la littérature se basant sur des échantillons de petite taille et non statistiquement significative.

Cependant, des séries plus récentes comme l'analyse univariée de *Heidekrueger et al*(147) à propos de 838 lambeaux qui comparait les reconstructions avant et après 80 ans ne retrouvait pas de différence significative entre l'âge des patients et le taux d'échec des lambeaux.

La méta-analyse de *Üstün et al* (148) qui reprenait 15 séries de reconstructions confirme que l'âge n'est pas un facteur de risque indépendant d'échec en microchirurgie, mais qu'il existe un taux de complications médicales significativement plus élevé en lien avec l'augmentation des comorbidités chez les patients âgés.

Les auteurs suggèrent de se baser sur des scores tel que le ASA (Score American Society of Anesthesiology) pour évaluer les risques de complications médicales et chirurgicales en post-opératoire avec la mise en évidence d'une augmentation en cas de score supérieur ou égal à 3(149).

Pour *Christophe de Jaeger*, le vieillissement - ou sénescence - peut se définir comme une diminution de la réserve physiologique des organes et des systèmes composant notre organisme (adulte) qui possède des réserves fonctionnelles et lui permettent de surmonter des situations difficiles telles qu'une chirurgie longue(145). Mais l'âge chronologique ne traduit souvent pas l'âge physiologique d'un individu, il faut donc une gestion plus fine des facteurs péri-opératoire et une sélection précise des patients dans ce contexte de population vieillissante.

b) Le tabac

Il est depuis longtemps admis en chirurgie plastique que le tabagisme est un fléau pour la cicatrisation. Le tabagisme actif induit indéniablement un retard de cicatrisation des plaies et un risque accru de nécrose cutanée en cas de décollement chirurgical ou de lambeaux cutanés. Il est aujourd'hui largement reconnu que le risque d'infection du site opératoire est également accru, notamment en cas de cofacteurs péjoratifs (poids des tissus réséqués, obésité)(151).

Sur le plan orthopédique le risque de complication est deux fois plus élevé, il s'agit notamment de pseudarthroses septiques, aseptiques et des délais de consolidations osseuses qui sont augmentés du simple au double dans certaines séries(152).

Sur le plan microchirurgical, les résultats varient dans la littérature mais il n'existe pas de véritable preuve de l'implication du tabac(153)(154).

Une méta-analyse de Pluvy et al. à propos de 60 études observationnelles ne permet pas d'apporter la preuve du rôle du tabac dans les échecs de lambeaux(151).

Son rôle clairement établi dans le développement de l'athérome ainsi que les risques de complications chirurgicales et médicales rendent systématique son sevrage en péri-opératoire afin d'augmenter le taux de réussite de la reconstruction et cela au moins jusqu'à l'obtention d'une consolidation osseuse satisfaisante.

On sait que le délai de consolidation osseuse d'une fracture ouverte Gustilo IIIB est de 8,5 mois en moyenne(155), il apparaît donc pertinent d'obtenir un sevrage tabagique définitif.

c) **Obésité**

L'impact de la surcharge pondérale sur les résultats de la reconstruction microchirurgicale a fait l'objet de différentes études, notamment dans le cadre de la reconstruction mammaire pour laquelle il a été établi qu'un IMC élevé entraîne un risque majoré de complications post-opératoires mais également d'échec de reconstruction(156).

Une méta-analyse publiée en 2010 par *Shin et al.* qui étudiait l'impact de l'obésité entre les reconstructions mammaires et les autres reconstructions permet de confirmer les études précédentes concernant le risque de nécrose partielle ou totale du lambeau et de complications chez les femmes opérées du sein. En revanche, cette étude ne retrouvait pas de différences significatives entre les patients obèses et non obèses dans les autres reconstructions (*Membres, Head and Neck*)(157). Il peut exister un biais dans cette étude car une partie des reconstructions concernait des patients de cancérologie pour lesquels il avait été prouvé qu'un IMC élevé pouvait être associé à un meilleur taux de survie en post-opératoire (en effet les patients avec un IMC faible traduisent dans le contexte cancérologique un état de dénutrition et d'évolution avancé de la maladie).

Bien qu'il n'existe pas de preuve d'un risque d'échec majoré en cas d'obésité en RPTMI, il convient à l'opérateur d'intégrer la difficulté qu'un patient obèse peut imposer, notamment dans le choix du lambeau notamment si une palette cutanée est envisagée en raison d'une épaisseur trop importante et d'une dissection plus complexe. On sait également que les patients obèses présentent plus fréquemment des comorbidités telles que l'insuffisance veineuse des membres inférieurs, du diabète, de l'athérome qu'il faut également intégrer dans la stratégie de reconstruction.

d) Diabète

La relation entre le diabète et les complications cicatricielles, ainsi que sa participation majeure dans les atteintes vasculaires telles que la médiocalcose où le développement des plaques d'athérome n'est plus à démontrer.

Sa présence doit impérativement nécessiter un contrôle glycémique satisfaisant pour limiter les complications médicales péri-opératoires et optimiser la cicatrisation du lambeau.

Un examen clinique rigoureux doit faire rechercher les pouls périphériques et, en cas d'anomalie, le bilan d'imagerie préopératoire pourra être complété d'un examen doppler afin d'analyser les flux vasculaires et ainsi guider la réflexion chirurgicale.

La série rétrospective de *Kantar et al.* à propos de 6036 patients suggère que le diabète n'entraîne pas de risque d'échec majoré mais apporte la preuve concrète d'une augmentation de la durée des séjours hospitaliers, et d'un risque de désunion et de retard cicatriciel plus importants (158).

La série de *Las et al.* à propos de 1530 cas retrouvait après analyse multivariée un risque significatif d'échec en reconstruction de membre inférieur post traumatique(159), l'auteur suggère que l'atteinte prédominante aux membres inférieurs traduit probablement l'importance des lésions vasculaires du diabète en distalité.

e) Maladie athéromateuse

La maladie athéromateuse des vaisseaux périphériques est systématiquement recherchée chez les patients présentant des facteurs de risque cardiovasculaire lors de la palpation clinique des pouls, mais son retentissement sera également évalué lors de l'imagerie préopératoire (AngioTDM, Echodoppler avec mesure des flux). Il conviendra donc à l'opérateur d'adapter sa stratégie vasculaire en fonction des éventuelles sténoses du trépied jambier et de privilégier les anastomoses termino-latérales afin de conserver le flux du tronc artériel du tronc receveur voire dans certains cas recourir à un pontage vasculaire.

L'atteinte de l'intima par des plaques d'athérome favorise chez ces patients la formation de thrombose, elle compliquera également la dissection du pédicule

receveur à cause de la rigidité des pédicules vasculaires notamment au niveau artériel, ainsi que la phase microchirurgicale en augmentant la difficulté de la réalisation des anastomoses mais également en diminuant la qualité de la perméabilité de ces dernières en raison de la rigidité de la paroi intimale. Les études microchirurgicales valident l'utilisation des lambeaux libres de reconstruction chez les patients athérosclérotiques(160,161) mais le risque de complication et d'échec importants imposent des mesures particulières dans la sélection des patients (âge, FDR cardiovasculaire, clinique) dans l'imagerie préopératoire, dans le choix du lambeau (susceptibilité accrue de certains perforants aux lésions athéromateuses, tel que l'ALT(162)) mais particulièrement sur la stratégie du pédicule receveur(163).

La reconstruction microchirurgicale intervenant dans un contexte de semi-urgence, la cartographie des lésions permet de définir les modalités chirurgicales du lambeau (notamment la longueur du pédicule receveur, le diamètre), tandis que la mise en place des mesures hygiéno-diététiques et le traitement médical (statines, antiagrégant) n'interviendra que secondairement.

f) Le timing de la reconstruction

En 1986, *Godina* introduit le concept de reconstruction précoce des traumatismes du membre inférieur au travers d'un manuscrit intitulé « *Early Microsurgical Reconstruction of Complex Trauma of the Extremities* » qui fut publié à titre posthume après son décès dans un accident de voiture(37). Il généralise devant la communauté scientifique l'intérêt d'une reconstruction précoce déjà avancée par *Byrd*(36) en 1985, en faveur d'une diminution des taux d'infections, de consolidation osseuse et d'un meilleur pronostic fonctionnel.

Les objectifs d'une reconstruction plus précoce sont la prévention de la fibrose cicatricielle et de la dessiccation secondaire responsable d'une extension de la perte de substance initiale, de prévenir la transformation de la problématique de couverture initiale en ostéomyélite complexe par une exposition prolongée du tissu osseux au milieu extérieur.

Pour cela il prône l'organisation d'une reconstruction centrée sur un parage agressif extensif unique dans les 24 premières heures associée à une chirurgie de reconstruction dans les 72 premières heures:

Délai de reconstruction	Groupe I (<72h)	Groupe II (72h-3 mois)	Groupe III (> 3mois)
Taux d'échec	0,75%	13%	9,5%
Infections post-op	1,5%	17,5%	6%
Délai de consolidation	7 mois	12 mois	29 mois

Tableau des résultats de la série de 523 lambeaux libres de reconstructions de membre inférieur de Godina en 1986

Depuis cette publication, le dogme d'un objectif de délai <72h ou >3mois a fait son chemin dans les services de reconstructions de membre inférieur.

Dans la série de *Yaremchuk et al* en 1987(164), les patients sont souvent réopérés chirurgicalement pour des gestes de parage et nettoyage afin de réaliser un geste de couverture définitive entre 7 et 14 jours avec des taux d'infections et d'échecs comparables. Pour *Byrd et al.* en 1985(36), les meilleurs taux de réussite des couvertures, avec des taux d'infections osseuses bas étaient observés dans le groupe de patients bénéficiant d'une couverture rapide (dans les 6 jours) puis dans le groupe des plaies chroniques (supérieure à 6 semaines).

Pour *Khouri et Shaw* en 1989(3), une cicatrisation était obtenue pour au moins 60% des indications indépendamment du délai de la prise en charge excepté pour les couvertures entre le deuxième et le septième jour. Les auteurs avancent la difficulté de réaliser un parage adéquat à un moment où le bilan d'extension local est mal défini.

Pour eux le délai de couverture n'est pas corrélé au taux d'échec, deux facteurs sont décisifs d'une part la qualité et l'expertise du parage initial et d'autre part la prise en charge de la plaie entre le parage et la couverture.

Ces différences de « timing » dans la prise en charge peuvent être attribuées à une philosophie de parage et de reconstruction par lambeau différente d'un service à l'autre(165).

Pour *Karanas et al* en 2008(138), il existe un biais potentiel dans la série de *Godina* lié à la courbe d'apprentissage lors de la réalisation des premiers lambeaux de l'étude qui étaient réalisés tardivement par rapport aux lambeaux réalisés à la fin de

l'étude et qui bénéficiaient alors d'une prise en charge beaucoup plus précoce. Pour Karanas, les couvertures peuvent être réalisées sans risque surajouté d'échec dans un délai de 22 jours à condition d'un parage initial agressif, d'une couverture temporaire par TPN (*Thérapie à pression négative*) et d'une planification préopératoire rigoureuse avec réalisation d'un angioscanner.

En 2019 *Lee et al.* publiaient une série rétrospective de 358 patients qui retrouvait des résultats similaires à la série de *Godina*, ils avancent cependant que le délai de couverture par lambeau peut s'étendre de 72h à 10 jours sans risque(166).

Une méta-analyse de 2018 incluant 1090 lambeaux libres depuis 43 articles confirme les résultats de *Godina*, à savoir un taux d'échec, d'infections et de ré-interventions plus faible dans le groupe précoce (<72h). En revanche aucune différence significative entre les taux de consolidation osseuse n'avait pu être mis en évidence dans les 3 groupes(39).

L'apparition des TPN pour la couverture temporaire des pertes de substances est le Gold standard actuel dans l'attente du geste de couverture, pour *Raju et al.* (135) les TPN permettent la réalisation d'une couverture dans un délai de 17,5 jours pour un taux de réussite de couverture de 96%.



Figure 21 : Couverture temporaire d'une perte de substance du 1/3 distal de jambe par une TPN (CHU de Nantes)

Certains auteurs mettent en garde contre l'apparition de « *VAC failures* (échecs de TPN) » correspondant à des indications de lambeaux libres dévaluées sur des techniques insuffisantes (greffe de peau, derme artificiel,...) et conduisant à des reconstructions fonctionnellement insuffisantes voire à des échecs.(42)

Au travers une série rétrospective de 105 lambeaux libres, Liu et al. en 2012 démontrent que l'utilisation d'une TPN permet une couverture temporaire efficace de 7 jours mais ne doit pas retarder davantage la réalisation du geste de couverture. Cette série vient également confirmer les résultats de *Bhattacharyya et al.*(167), *Hou et al.*(168), pour qui la TPN ne doit pas excéder 7 jours dans le cadre des fractures grade IIIB afin d'éviter l'augmentation concomitante des taux d'infections postopératoires.

Il n'existe pas de preuve aujourd'hui en faveur de la diminution du taux d'infections avec l'usage des TPN. Davantage d'études de haut niveau sont nécessaires pour délimiter le rôle du traitement des plaies par pression négative dans les fractures ouvertes à haute énergie(169).

Concrètement il n'y a pas de consensus sur le délai optimal de la prise en charge, l'approche précoce reste globalement celle qui aurait les meilleurs taux de réussite (lambeau, consolidation, infection) mais il semble aujourd'hui que l'on puisse sécuriser la prise en charge dans un délai de 15-21 jours.

Cela permet dans l'intervalle des parages de qualité, une couverture temporaire par TPN pour limiter la contamination, l'élaboration d'une stratégie basée sur la perte de substance et l'obtention de l'imagerie, la programmation d'une intervention longue en double équipe au bloc opératoire.

3. Les facteurs peropératoires

a) Les paramètres anesthésiques :

L'anesthésie est un facteur important pour maximiser le succès de la microchirurgie en contrôlant l'hémodynamique et le flux sanguin régional, ainsi qu'en anticipant les risques liés aux comorbidités du malade(170).

L'objectif de base est de maintenir un flux sanguin optimal pour le lambeau libre en augmentant le flux sanguin circulatoire, en maintenant une température corporelle normale pour éviter la vasoconstriction périphérique, en réduisant la vasoconstriction résultant de la douleur, de l'anxiété, de l'hyperventilation ou de certains médicaments, et en traitant l'hypotension causée par un bloc sympathique étendu et un faible débit cardiaque.

Selon la loi de Poiseuille (cf chapitre précédent) le débit sanguin dépend de la *viscosité*, de la *longueur des vaisseaux*, de leur *résistance* ainsi que de la *pression artérielle* qui reste le déterminant principal.

Il est donc nécessaire d'obtenir un contrôle de la pression artérielle en **pré-**, **per-**, et **post-opératoire** constant et maintenir une perfusion suffisante dans le lambeau.

Il est prouvé que le flux sanguin tissulaire du **lambeau diminue de 50%** par rapport aux valeurs préopératoires **dans les 6 à 12h** qui suivent la chirurgie(171), il s'agit donc d'un système critique qui ne peut souffrir d'une diminution de pression artérielle supplémentaire sans risquer une ischémie du lambeau.

L'évaluation anesthésique préopératoire permet une évaluation globale ayant pour but de diminuer le risque et la morbidité de la chirurgie. En microchirurgie, le plan anesthésique dépend de la gestion des comorbidités préalables et de l'évaluation de la réserve initiale du patient pour faire face à une intervention longue.

- *Anémie préopératoire*

Elle est mise en évidence comme un facteur de risque d'échec du lambeau libre notamment par thrombose lorsque celle-ci est $<10\text{g/dl}$ (172). Le bénéfice théorique d'une hémodilution sanguine permettant une diminution de la viscosité sanguine avait été mis en évidence dans certaines études animales(173). En pratique clinique, la thrombogénicité induite par l'augmentation de la turbulence et la vasoconstriction périphérique liée à une hémodilution importante surpassent probablement ce bénéfice.

Il est donc recommandé d'obtenir un contrôle de l'hémoglobine en préopératoire afin de diminuer le risque de transfusion en peropératoire(174), car bien qu'il n'existe pas de preuve d'un risque d'échec ou de complications chirurgicales il est rapporté une augmentation du risque de complications médicales(175).

- *Le score ASA*

Il est couramment utilisé en anesthésie et a été identifié dans de nombreuses études comme étant associé à un risque important de complications médicales lorsqu'il est supérieur ou égal à 3(149,176–180).

En 2020, Lese et al. dans une série rétrospective de 468 lambeaux libres retrouvaient un risque d'échec vasculaire des lambeaux et de complications postopératoires avec un odds ratio à 2,6 pour un score ASA à 3(154).

Une méta-analyse de 2017 qui étudiait 2244 patients issus du ACS NSQIP (*american college of surgeons national surgical quality improvement program database*) mettait en évidence que pour un score $\text{ASA}>3$ il y avait un odd ratio de 1,565 ($p<0,0008$) de reprise chirurgicale pour une complication microchirurgicale ou du site donneur(181).

La gestion anesthésique peropératoire concentre l'ensemble des moyens mis à disposition pour optimiser le flux sanguin dans le lambeau.

- *La gestion péri-opératoire des fluides :*

Les données actuelles suggèrent l'obtention d'une circulation hyper-dynamique associée à une hémodilution modérée et à une diminution de la résistance vasculaire périphérique(182).

Une hémodilution avec une hématicrite proche de 30% associée à une circulation normovolémique permettrait une amélioration du débit artériel tout en limitant le risque d'une coagulopathie d'hémodilution(183).

L'importance d'un remplacement de volume approprié a été largement acceptée, mais la stratégie optimale est encore sujette à débat.

Différentes études ont mise en évidence le risque de complications médicales et chirurgicales associées à un remplissage important par des cristalloïdes(184,185), celui ce ne devant pas excéder 6ml/kg/h(186).

Les fluides idéaux utilisés pour la substitution plasmatique en chirurgie micro-vasculaire ne doivent pas traverser librement l'endothélium endommagé et doivent avoir une demi-vie suffisamment longue pour prévenir l'hypovolémie postopératoire(182).

Les cristalloïdes présentent une faible capacité d'expansion volémique et une diffusion interstitielle importante exposant à un risque d'œdème tissulaire, leur utilisation convient au remplacement des pertes insensibles tandis que le remplissage par des colloïdes permet de compenser les pertes plasmatiques(183).

La littérature recommande avec un niveau de preuve modéré (2b) un remplissage modéré par cristalloïde entre **3,5 et 6ml/kg/heure** en péri opératoire(187).

Le remplissage doit être adapté aux paramètres hémodynamiques peropératoires (**PAM > 65mmHg**, résistance vasculaire, débit cardiaque), les objectifs de diurèse doivent se situer autour de **3 à 5 ml/kg/heure**(174).

Le contrôle de l'hémodilution peropératoire se fera le plus souvent par l'intermédiaire de système de test sur le lieu de l'intervention tel que l'Hemocue afin de contrôler immédiatement le taux d'hémoglobine et évaluer la dilution sanguine.

- *L'utilisation des agents vasoactifs* (adrénaline, noradrénaline, dobutamine)

Ils ont fait l'objet de nombreuses publications dont deux méta-analyses récentes de 2019 conduites par *Goh et al* ; *Knackstedt et al.* qui ne permettaient pas de mettre en évidence un effet défavorable de l'un de ces produits sur la survie des lambeaux libres(188,189).

Leur utilisation au cours d'une anesthésie durable pourrait au contraire permettre de maintenir une perfusion sanguine optimale contrairement à un remplissage agressif qui a déjà fait la preuve d'un risque de complications chirurgicales.

Une étude expérimentale conduite par *Eley et al.* met en évidence par une analyse spectrale de flux Doppler que la dénervation des tissus libres serait favorable à l'utilisation de la noradrénaline permettant une augmentation de la perfusion du lambeau(190), tandis qu'elle diminue avec l'utilisation d'adrénaline ou de dopexamine(191).

Il est donc recommandé d'éviter l'utilisation des vasopresseurs au cours de la dissection du pédicule, mais si leur utilisation devient nécessaire il conviendra de favoriser la noradrénaline(174).

- *Les agents anesthésiques :*

De nombreuses stratégies anesthésiques ont été décrites, la plupart des études se concentrant sur le *sévoflurane*. Des études ont démontré que le sévoflurane protège l'endothélium des lésions d'ischémie-reperfusion (192,193) et amorce les progéniteurs des cellules endothéliales humaines en favorisant la cicatrisation vasculaire(194). De plus, par rapport au propofol, l'administration de sévoflurane entraîne une diminution de l'extravasation capillaire permettant de diminuer l'œdème et le remplissage(195).

Le rôle de l'anesthésie péridurale combinée à l'anesthésie générale a été évalué avec des résultats contradictoires.

Pour les membres inférieurs, la péridurale ou la rachianesthésie sont largement utilisées. Certaines inquiétudes ont été soulevées quant au fait que l'anesthésie péridurale peut diminuer le flux sanguin microcirculatoire dans les lambeaux libres (dénervés sympathiquement) en détournant le flux du lambeau vers les tissus intacts normaux (*phénomène de "vol vasculaire"*)(196) .

Cependant, des preuves récentes suggèrent qu'il reste un rôle important pour l'anesthésie péridurale dans la gestion des patients subissant une reconstruction par lambeau libre des membres inférieurs(197). Plusieurs études cliniques ont également démontré que les blocs nerveux périphériques réduisent le vasospasme (par inhibition sympathique) et améliorent la perfusion notamment dans le cas des doigts replantés ou revascularisés(198,199).

Il faudrait donc évaluer l'intérêt de la réalisation d'une ALR en périopératoire dans la prise en charge de nos futurs lambeaux libres.

- *La température corporelle :*

La température centrale du patient doit être soigneusement contrôlée pendant la période péri-opératoire en raison d'une corrélation entre l'hypothermie ($t < 36^{\circ}\text{C}$) et les complications(200) avec un risque d'aggravation de l'ischémie tissulaire du lambeau par vasoconstriction périphérique et de thromboses du pédicule(201). En effet l'hypothermie conduit à une augmentation de l'hématocrite responsable d'une augmentation de la viscosité du plasma (μ) avec une agrégation érythrocytaire et plaquettaire(170).

Les interventions de reconstruction microchirurgicales sont longues et exposent fréquemment le patient à l'hypothermie. La température du patient doit donc être surveillée de près, car sans mesures préventives, une hypothermie peut survenir chez 50 à 90 % des patients en chirurgie générale(202). Il est recommandé de maintenir la température corporelle centrale au-dessus de 35°C en tout temps (niveau de preuve 2b) et le maintien d'une température moyenne supérieure à $36,5^{\circ}\text{C}$ lors du transfert de tissus libres(203). La température ambiante de la pièce doit être maintenue à environ 24°C (204) avant que les patients ne soient dans la salle d'opération. Certains auteurs suggèrent de réchauffer les patients avant l'induction, pendant la chirurgie et pendant 24 à 48 heures après et de viser une différence de moins de 2°C entre la température centrale et périphérique(170).

- *L'analgésie per et post-opératoire*

Elle joue un rôle décisif pour le confort mais également dans la réussite de la microchirurgie en réduisant le niveau de catécholamines circulantes et en diminuant la vasoconstriction secondaire au message douloureux(174).

Une étude suggère que l'utilisation de ketorolac (AINS) pour la gestion péri-opératoire de la douleur pourrait avoir un effet protecteur dans les reconstructions par lambeau libre de membre inférieur en diminuant les microthromboses(205).

- *Les agents antithrombotiques*

Dans l'objectif de prévenir l'apparition de thromboses vasculaires des pédicules anastomosés, les agents antithrombotiques comme l'héparine, sont encore largement utilisés en per- et post-opératoire dans les reconstructions microchirurgicales. Néanmoins il n'existe pas de consensus en termes d'agent idéal, de timing et de dosage en microchirurgie. D'autant plus que certains d'entre eux présentent des effets secondaires potentiels et tous favorisent le risque hémorragique et l'hématome.

L'héparine est la molécule la plus largement utilisée en pratique pour une application topique ou une utilisation systémique.

Une étude prospective de *Khoury et al.* n'a pas réussi à démontrer un effet bénéfique de l'irrigation du lambeau par de l'héparine en terme de survie du lambeau, en revanche l'utilisation d'HBPM (Héparine de bas poids moléculaire) à dose préventive en post-opératoire diminuait significativement le risque d'échec de 0,27.

Un essai de phase II randomisé en aveugle d'irrigation intra-luminale (rinçage du lambeau) avec un inhibiteur de la voie du facteur tissulaire humain ou de l'héparine a indiqué une efficacité équivalente des deux agents dans la prévention des complications thrombotiques(206).

Ritter et al. ont reporté que l'utilisation d'HBPM ou d'HNF (héparine non fractionnée) en systémique chez un modèle animal améliorerait significativement la perméabilité des anastomoses par rapport au groupe contrôle(207).

Dans une revue rétrospective de 1351 lambeaux libres, le dextran n'a pas affecté la survie du lambeau par rapport à l'absence de prophylaxie antithrombotique, mais a

significativement augmenté le taux d'échec du lambeau et de complications médicales chez les patients à haut risque(208).

La méta-analyse de *Lee et al.* à propos de 4984 cas suggère que l'utilisation d'héparine permettrait de réduire le risque en peropératoire de thromboses et d'échecs précoces mais avec un risque relatif d'hématomes de 1,78 par rapport au groupe contrôle(209).

Les agents antithrombotiques ne se substituent pas à une technique chirurgicale méticuleuse ou à une détection précoce de thrombose du pédicule mais peuvent être utilisés en parallèle pour prévenir les thromboses vasculaires.

Le bénéfice d'une utilisation peropératoire systémique ou topique d'héparine reste sujet à controverse, bien qu'il existe des preuves d'un bénéfice en chirurgie cardiovasculaire(210) son efficacité en microchirurgie n'a pas encore été démontrée.

L'accumulation d'un dépôt de fibrine semble contribuer davantage à la formation du thrombus que l'agrégation plaquettaire, ce qui supporte davantage l'utilisation de l'héparine en microchirurgie.

Une injection systémique d'un bolus de 5000 unités d'HNF ou 50UI /kg associée à une irrigation topique du lambeau par de l'héparine pourrait améliorer la perméabilité des anastomoses(183).

Une anticoagulation par HBPM en post-opératoire sera indispensable pour prévenir les complications thromboemboliques(211), son utilisation sera à privilégier de celle de l'aspirine pouvant être responsable de saignement gastro-intestinaux.

Administration per-opératoire IV d'héparine non fractionnée	Aucune étude n'a montré l'efficacité de l'administration peropératoire d'héparine(212).
Rincage intra-luminale du lambeau à l'héparine	9 études sur 11 ont montré l'efficacité du rincage hépariné par rapport au rincage par du sérum physiologique(212)
Administration post-opératoire de Lovenox préventif	Prévention de la complication thromboembolique post opératoire (IIB)(128)

Synthèse des recommandations pour les antithrombotiques

b) Les paramètres chirurgicaux

- *La durée opératoire et durée d'ischémie du lambeau :*

Il a été démontré dans différentes études que la durée opératoire était rapportée à un taux significativement plus élevé de complications médicales et chirurgicales(176,213) notamment chez les patients âgés.

Dans la série rétrospective de *Offodile et al.* à propos de 2008 patients qui étudiait spécifiquement le lien entre la durée opératoire et l'incidence des échecs précoces des lambeaux en microchirurgie générale (*Tête et cou, extrémités, sénologie*), on retrouve un odds ratio de 4,64 pour les chirurgies qui duraient entre 6-12h et 5,65 quand elles duraient plus de 12h ($p < 0,0042$) ainsi qu'une augmentation des complications postopératoires (désunions, transfusions, pneumopathies)(214)

La méta-analyse de 2017 de *Kwok et al.* avait permis de mettre en évidence un risque significatif augmenté ($p < 0,0006$) de reprise chirurgicale lorsque la durée opératoire dépassait les 604 minutes(181).

Les mécanismes lésionnels qui interviennent au cours de la période d'ischémie sont aujourd'hui bien détaillés, bien que la période d'ischémie critique théorique d'un lambeau soit supérieure à 6h(130), il apparaît souvent comme naturel pour l'opérateur de vouloir en réduire sa durée afin de préserver le lambeau.

Pour *Lamaguchi et al.* (215) une durée d'ischémie > 2 heures montrait une augmentation significative du taux d'échec des reconstructions microchirurgicales.

La série de *Ehler et al* (216) mettait en évidence un taux de reprise et de complication plus importantes lorsque la durée d'ischémie était supérieure à 60 minutes.

Ces résultats contrastent avec les séries de *Gürlek et al.*(217) ; de *Chang et al.*(218) pour qui la durée d'ischémie n'affectait pas la réussite de leurs lambeaux tant qu'elle n'excède pas respectivement 3h et 5h.

Mais en pratique il est difficile de comparer ces séries qui traitent de lambeaux différents alors qu'on sait en théorie que la période d'ischémie critique sera différente en fonction de la nature du lambeau (un lambeau musculaire sera plus sensible(130) qu'un lambeau cutané ou osseux). Il est également probable que la durée d'ischémie ne soit pas un facteur de risque indépendant mais la traduction des difficultés microchirurgicales peropératoires telles que des anastomoses complexes, des thromboses peropératoires ou encore la réalisation de pontages veineux (3).

On retrouve dans certaines études une tendance à l'échec plus fréquente pour des reconstructions concernant le 1/3 distal de la jambe(3,180), les auteurs avancent l'hypothèse d'une exposition majorée des pédicules receveurs associée à des traumatismes à cinétique importante au niveau du 1/3 distal de jambe.

Dans la plus importante série de reconstructions concernant la cheville et le pied, *Cho et al.* considèrent cette localisation comme étant plus exigeante que la jambe en raison de vaisseaux receveurs plus fins, des tissus environnants fibreux et difficilement mobilisables, d'une sensibilité à l'ischémie accrue, et de la demande fonctionnelle unique (appui et chaussage)(63).

- *L'importance du choix des vaisseaux receveurs*

Elle est largement acceptée comme étant l'un des facteurs décisifs majeurs de la survie d'un lambeau libre.

La biomécanique des fractures de la diaphyse tibiale démontre la fréquente lésion du pédicule tibial antérieur situé au contact de l'os et se superficialisant vers la distalité. Les impacts antérieurs et antéro-internes étant les plus fréquents, il apparaît que ce pédicule est le plus souvent lésé (31,9% contre 8% selon *Haddock et al.*(219)).

Les atteintes tibiales postérieures sont d'autant plus rares qu'elles seront généralement le témoin d'un traumatisme plus violent nécessitant parfois l'amputation du fait de l'atteinte nerveuse du nerf tibial concomitante ne permettant pas de réaliser un traitement conservateur du membre.

Le pédicule tibial postérieur, du fait de son accessibilité plus aisée en rétromalléolaire interne et de sa conservation plus fréquente lors des traumatismes sera donc plus fréquemment utilisé comme site receveur.

Plusieurs auteurs mettent en garde contre les anastomoses au niveau de la « zone lésionnelle » d'autant que celle-ci est plus étendue que l'aspect macroscopique opératoire le présage notamment à cause des lésions vasculaires « occultes » que l'on peut relier au « PTVD » pouvant générer des thromboses ou des vasospasmes au niveau du site des anastomoses (139).

Karanas et Godina recommandent au chirurgien de préparer le pédicule receveur à distance de la lésion afin d'obtenir des pédicules sains, quitte à réaliser au besoin un pontage veineux(37,138,139).

Certains auteurs décrivent également la possibilité de s'anastomoser en distalité (anastomoses à rétro) lorsque la situation le nécessite afin de réaliser des anastomoses à distance de la zone lésionnelle, le chirurgien pourra bénéficier d'une dissection plus aisée des pédicules en situation plus superficielle, d'éviter donc des dissections profondes en proximal avec parfois le recours à la tunnelisation ou à des pontages(220,221). Ceci reste à mettre en balance avec des calibres vasculaires diminués en distalité et nécessitera une adaptation per opératoire de la dissection du pédicule du lambeau.

Traditionnellement, la préférence est donnée au choix de l'artère avec la sélection de la veine receveuse reléguée au second choix. Cependant, différentes études ont montré l'importance du retour veineux comme facteur pronostic(3,222), ainsi que l'incidence élevée des thromboses veineuses du pédicule anastomotique par rapport aux thromboses artérielles (50 à 80% dans la littérature)(3,204).

Lorsqu'il convient de sélectionner la veine receveuse, deux considérations sont à prendre en compte :

- La sélection du système veineux profond ou superficiel
- Le nombre de veines receveuses (1 ou 2)

Dans une série de 362 lambeaux libres de membre inférieur, *Lorenzo et al.* retrouvaient un taux significativement augmenté d'insuffisance veineuse du lambeau, et de nécrose partielle du lambeau dans le groupe des anastomoses du système veineux superficiel(223).

La réalisation de deux anastomoses veineuses était reliée avec un taux significativement plus élevé d'échec total du lambeau.

Heidekrueger et al. ont publié une série de 363 de lambeaux libres de membre inférieur en 2016, ils ne retrouvaient pas de différence significative sur la survie des lambeaux entre les deux groupes étudiés (une veine contre deux veines).

Une méta-analyse publiée en 2016 à propos de 3000 transferts libres en microchirurgie générale apportait la preuve d'une réduction des échecs de 36% et des thromboses veineuses de 34% dans le groupe réalisant deux anastomoses veineuses(224).

Hanasono et al. ont étudié le retour veineux au doppler dans les lambeaux en comparant les signaux dans le groupe « une veine » et « deux veines », il retrouvait un meilleur débit veineux dans le groupe « une veine » et une diminution du débit importante dans la deuxième veine lorsque la première était occluse(225).

Ces résultats suggèrent que la réalisation de deux anastomoses en reconstruction de membre inférieur n'améliore pas le retour veineux et qu'en cas d'occlusion de l'une des veines, il pourra y avoir des conséquences sur le retour veineux au niveau de la veine restante.

Il existe encore aujourd'hui une controverse sur la pratique d'une ou deux anastomoses veineuses, certains arguant que deux veines permettent d'augmenter le drainage et de pallier à l'occlusion de l'une des deux(224,226,227), d'autres avançant qu'une seule anastomose bénéficiera d'un meilleur flux et que la réalisation de deux anastomoses expose à un risque de complication majoré(225,228). Une étude récente de *Stranix et al.* en 2018 qui étudiait rétrospectivement les anastomoses veineuses simples ou doubles dans une série de 368 lambeaux de reconstructions de membre inférieur pour des pertes de substances Gustilo IIIB montrait que la réalisation de deux veines avait un effet protecteur significatif $RR=2,58$ contre les complications chirurgicales (reprise, insuffisance veineuse) d'autant plus important lorsqu'il s'agissait de lambeaux musculaires ($RR =3,98$)(229). En l'état actuel, les données supportent la réalisation de deux anastomoses veineuses considérant la réduction de l'incidence des échecs et des reprises chirurgicales du lambeau.

Il n'existe pas d'études portant sur l'intérêt de réaliser une anastomose profonde associée à une veine superficielle.

- *Vasodilatateur :*

De nombreux vasodilatateurs ont montré des effets favorables sur le débit sanguin du lambeau dans des modèles animaux, y compris les inhibiteurs calciques, le sulfate de magnésium, le sildénafil, le nitrate d'éthyle, la toxine botulique, la nitroglycérine, les analogues de la prostacycline, la papavérine et la nicardipine(230,231).

Les données cliniques existantes existent uniquement pour l'utilisation peropératoire et postopératoire de la lidocaïne topique qui permettait une amélioration clinique significative des flux en cas de vasospasme persistant(232). Actuellement l'usage de la papavérine ou la lidocaïne topique à 20 % pour le traitement du vasospasme persistant est recommandé avec un niveau de preuve faible (niveau 4).

- *L'anastomose en termino-latérale ou termino-terminale :*

Il convient aujourd'hui pour les anastomoses artérielles de privilégier tant que possible une anastomose termino-latérale (TL) afin de sauvegarder l'axe vasculaire correspondant.

Cho et al. en 2016 ne retrouvaient pas de différence significative sur les complications et la survie immédiate du lambeau(233) en fonction de la réalisation d'anastomoses TT ou TL.

Une méta-analyse de 2017 ne retrouvait pas de différence significative dans les groupes comparant les anastomoses artérielles/veineuses en termino-latérales (TL) et termino-terminales (TT)(234).

Les anastomoses TL et TT sont donc des options appropriées et le choix de la technique anastomotique doit être choisie par les chirurgiens au cas par cas, après examen des spécificités lésionnelles et anatomiques du patient. Les anastomoses TL sont particulièrement indiquées dans les cas impliquant des reconstructions de membre d'un seul vaisseau, lorsqu'il y a une différence importante de diamètre entre les vaisseaux donneurs et receveurs ou lorsqu'il y a une pénurie de vaisseaux disponibles pour une anastomose TT appropriée.

A noter aussi l'intérêt de réaliser des anastomoses en T, qui nécessite de prélever un T sur le pédicule artériel du lambeau. Cette technique permet de conserver le flux au niveau du site donneur et de diminuer les turbulences dans le flux du lambeau par rapport à une anastomose termino-latérale directement sur le tronc artériel receveur, de plus si l'une des anastomoses se thrombose il y aura un relais soit dans le sens antérograde soit dans le sens rétrograde (235).

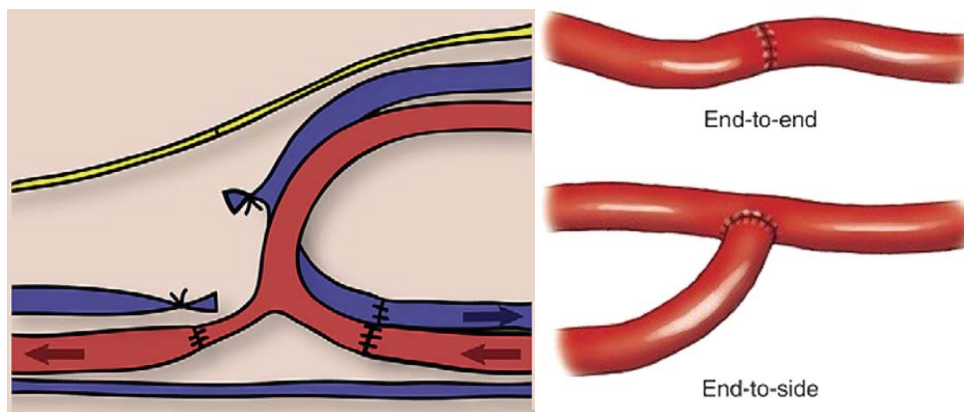


Figure 22 : Anastomose en T(235) . Anastomose termino-terminale (en haut) termino latérale (en bas)

4. Les facteurs postopératoires.

- *La surveillance postopératoire :*

Le but de la surveillance vise à identifier un changement de l'état du lambeau permettant une révision des anastomoses et un sauvetage(236). L'évaluation clinique reste le gold standard dans la plupart des centres et permet une évaluation précise(237).

Le délai entre l'occlusion et la restauration du flux sanguin dans le lambeau est déterminante (les reprises précoces offrent de meilleurs résultats). Des études cliniques ont permis de définir la fréquence de surveillance et la durée optimale de surveillance.

Dans une série rétrospective de 990 lambeaux libres, 80% des thromboses du pédicule surviennent dans les premières 48h postopératoires. Les thromboses veineuses sont deux fois plus fréquentes que les thromboses artérielles (54% versus 20%) dans la plupart des séries. La majorité des thromboses artérielles (90%) surviennent dans les premières 24h tandis que la plupart des thromboses veineuses surviennent dans les secondes 24h(238).

Ces résultats sont corroborés par une autre série de 1142 lambeaux libres où la phase critique des atteintes vasculaires correspond donc aux 72 premières heures, avec la survenue de 95,6% des événements thrombotiques(239).

La majorité des échecs surviennent donc dans les 3 premiers jours, rares sont ceux qui arrivent après et leur sauvetage est d'autant plus rare (1/1000 selon *Chen et al*).

La surveillance clinique des lambeaux cutanés comprend : la coloration, la recoloration, la température, le saignement(240). Bien que facile à réaliser et reproductible elle nécessite de l'expérience dans son interprétation. Les lambeaux enfouis, osseux ou musculaires greffés sont plus compliqués à surveiller et donc sujet à plus d'échec car moins accessibles à une révision précoce des anastomoses. Les doppler portables permettent également une surveillance accessible par les équipes de soins lorsque le lambeau le permet.

Dans certaines équipes, des dispositifs de surveillance par sonde Doppler, spectrométrie ou encore sonde d'oxymétrie (type Licox) ont été décrit(241) avec des résultats favorables notamment en permettant de détecter précocement des

altérations du flux. La série de Lin et al. en reconstruction mammaire retrouvait un taux de sauvetage significativement plus élevé lorsque les lambeaux étaient surveillés par une sonde d'oxymétrie(242).

Il est donc recommandé de réaliser une surveillance toutes les heures ou deux heures les premières 48h puis toute les 2 à 4h, par une équipe formée et expérimentée(243).

Certains auteurs recommandent la surveillance dans une unité de soins continus (USC) pour les patients à risque de complications médicales importantes(244)(Score ASA supérieur ou égal à 3). Dans la pratique beaucoup de chirurgiens ont un recours systématique à une USC pour les premiers jours afin de bénéficier de la surveillance rapprochée et du nursing que ne pourrait pas toujours leur proposer un service de chirurgie conventionnelle, cela au détriment des coûts importants de santé publique(245).

4. COMPLICATIONS DE LA MICROCHIRURGIE

Les lambeaux sont vascularisés par un pédicule unique qui suit la loi du « tout ou rien », en effet en cas d'occlusion du pédicule et en l'absence de prise en charge adaptée la nécrose du lambeau est inévitable.

Les complications vasculaires interviennent dans l'immense majorité des cas au cours des 72 premières heures, il s'agit plus fréquemment de thromboses veineuses qui interviennent après 24 heures que de thromboses artérielles qui surviennent dans les 24 premières heures(238,239).

Différentes complications peuvent engager le pronostic du lambeau par un mécanisme indirect sur la vascularisation du pédicule. Que ce soit de manière locale (hématome) ou générale (septicémie) pouvant aboutir à des nécroses partielles ou totales.

Il est difficile de différencier en recherche clinique les deux entités, il faut considérer que la nécrose totale doit être considérée comme un échec total de la reconstruction et il s'agit du critère le plus employé dans la littérature comme critère principal car il est objectif.

On considère que la nécrose partielle est un échec intermédiaire qui pourra conduire à un échec de lambeau si la zone critique est exposée ou si la quantité de lambeau restant ne permet pas de remplir les objectifs de la reconstruction. Elles pourront nécessiter des soins de cicatrisation longs voir un geste chirurgical simple (parage, greffe de peau).

Son évaluation reste difficile à apprécier car il n'existe pas de critères objectifs, et son appréciation sera variable d'un centre à l'autre.

a) Les thromboses vasculaires du lambeau

Les thromboses vasculaires sont la première cause de reprise du lambeau au bloc opératoire dans les 3 premiers jours, on retrouve une complication thrombotique dans 12 à 15% des séries de reconstructions de membre inférieur (*Cho et al. 2016 (63); Khouri et al. 1989(3)*).

Dans une méta-analyse de *Xiong et al.* à propos de 1497 reconstructions par lambeau libre de membre inférieur, on retrouvait une cause thrombotique dans 80%

des échecs avec une cause veineuse dans 26% des cas, artérielle dans 10% des cas, mixte dans 8% des cas et non précisé dans 39% cas(246). Les autres causes de nécrose totale étaient l'hématome, l'infection du site opératoire précoce ou n'étaient pas identifiées.

La thrombose veineuse est la plus fréquente, avec une incidence proche du double de celle artérielle dans certaines séries (204,247).

On peut mettre en cause la difficulté technique de la réalisation des anastomoses veineuses notamment avec la différence de calibre entre la veine du lambeau et la veine receveuse ainsi que la fragilité de la paroi des veines. D'autre part, étant facilement compressible (média beaucoup plus fine que celle des artères), elles seront beaucoup plus sensibles aux contraintes mécaniques imposées par une chirurgie (œdème/hématome).

Les thromboses artérielles sont moins fréquentes et plus précoces, elles ont souvent pour origine une erreur technique et doivent faire l'objet d'une reprise chirurgicale avec révision des anastomoses associée à un geste de thrombolyse mécanique (sonde de Fogarty) ou chimique (Fibrinolyse).

Le pronostic de sauvetage d'une thrombose du pédicule vasculaire est moins bon lorsqu'il s'agit d'une cause artérielle (70% de sauvetage pour une thrombose veineuse contre 40% pour une thrombose artérielle dans la série de *Bui et al.* à propos de 1193 lambeaux libres (247)).

b) Le bilan lésionnel associé :

Les délabrements importants de membre inférieur sont fréquemment associés à un traumatisme à haute énergie. Les patients sont donc souvent des polytraumatisés requérant une prise en charge pluridisciplinaire associant une réanimation chirurgicale initiale et une évaluation par les chirurgiens orthopédistes.

En dehors des lésions traumatiques des membres, ces patients présentent souvent des fractures du grill costal, des pneumothorax, des traumatismes crâniens(248).

En 1989, **Khouri** décrivait pour sa série de lambeaux libres de membre inférieur une incidence de 21% de patients polytraumatisés. Parmi ces derniers 22% de ces patients présentaient une lésion du membre inférieur controlatéral pour lesquels 5% nécessitaient une reconstruction bilatérale par lambeau libre.(3).

c) L'échec de la reconstruction et l'échec du sauvetage de membre

Dans la littérature, les auteurs font souvent référence à l'échec de la reconstruction initiale et l'échec du sauvetage d'un membre.

L'échec d'une reconstruction correspondra à l'échec du lambeau libre en cas de nécrose totale due à une thrombose immédiate ou postopératoire du pédicule vasculaire ou encore par compression liée à un hématome du site receveur. On considère que la reconstruction microchirurgicale post-traumatique de membre inférieur est l'une des plus exigeantes en raison d'un taux d'échec plus élevé que dans les autres domaines avec des taux d'échecs variables de 5 à 20% (1,2).

Une méta-analyse publiée en 2018 par Haykal et al. étudiait spécifiquement les taux d'échecs en reconstruction de membre post-traumatique, pour 1090 lambeaux libres l'auteur retrouvait alors un taux d'échec de 8,3% de couverture initiale(39).

L'échec du sauvetage de membre correspondra à l'échec d'une ou plusieurs reconstructions chirurgicales dont la conséquence sera la nécessité d'une amputation immédiate (exposition critique) ou à distance (pseudarthrose/ impotence fonctionnelle majeure).

La majorité des séries de reconstructions sont traitées sur le versant chirurgie plastique, elles ont donc pour principaux biais de traiter des critères de suivis concernant davantage la survie du lambeau, sa cicatrisation, les complications des sites donneurs plutôt que la consolidation osseuse, la survenue d'une pseudarthrose septique ou aseptique et les amputations à distance.

d) Gestions des complications

1) Complications immédiates : ré-exploration du site vasculaire

La surveillance active et fréquente du lambeau dans les heures et jours qui suivent la réalisation des anastomoses doit permettre en fonction de ses modalités **cliniques** (couleur, chaleur, recoloration, saignement) et **paracliniques** (doppler acoustique, doppler couleur, sondes de mesure...) de détecter précocement les signes d'une atteinte du pédicule devant conduire à la ré-exploration en urgence du site des anastomoses.

Le chirurgien aura pour objectif de diagnostiquer différentes atteintes :

- *Hématome compressif*
- *Compression externe du pédicule (erreur technique de positionnement du pédicule)*
- *Thrombose artérielle et/ou veineuse*
- *Insuffisance artérielle et/ou veineuse*

Afin de pouvoir réaliser le geste adapté de libération des axes vasculaires :

- *Évacuation d'un hématome compressif et hémostase localisée*
- *Révision anastomotique artérielle (+- associée à un geste de thrombolyse) et/ou veineuse.*

La réussite d'un sauvetage de lambeau libre dépendra en grande partie de la précocité du diagnostic et de la réactivité de l'équipe chirurgicale. *Bigdeli et al.* dans une série de 581 lambeaux de membre inférieur avaient réalisé 50 ré-exploration en urgence(8,60%), 60% des sauvetages avaient eu lieu dans les 24 premières heures avec un taux de succès de 75%(249). Les résultats des séries de *Khoury* retrouvaient des taux de ré-exploration de 10 à 15% avec des sauvetages de 50–70% des lambeaux(3,128).

Dans la série de *Bui et al.* son équipe met en évidence que les reprises rapides (<4h après l'apparition des signes cliniques) offrent une meilleure chance de sauvetage d'autant plus s'il s'agit d'une atteinte du pédicule veineux (70% vs 50%)(247).

Les écarts entre les taux de sauvetage d'une équipe à l'autre variant de 30 à 70% selon les équipes (3,250) pourra s'expliquer par des monitoring cliniques différents et une attitude plus ou moins agressive de reprise chirurgicale.

En cas d'insuffisance veineuse légère de la palette cutanée, s'il est évident qu'il ne s'agit pas d'une thrombose ou compression veineuse, différentes techniques pourront permettre au lambeau de passer cette phase « critique ». On pourra mettre en place une hirudothérapie (sangues) ou des scarifications avec héparinisation afin de diminuer la congestion veineuse au niveau du lambeau.

Ces techniques pourront faciliter la transition jusqu'à la néo-vascularisation veineuse périphérique qui débutera autour du 2^e jour et qui sera cliniquement évidente à partir du 4^e jour et permettra d'augmenter le drainage afin de permettre une autonomisation du pédicule(251).

Yoon avance dans une étude qu'un lambeau perforant fascio-cutané pourrait s'autonomiser de son pédicule au bout de 12 jours, et suggère que l'autonomisation artérielle serait proche de 6 jours et l'autonomisation veineuse de 4 jours (134).

2) Complications tardives : gérer l'échec de la première reconstruction

Le taux d'échec d'une première reconstruction est significativement élevé en reconstruction post traumatique du membre inférieur autour de 10%, avec une amélioration significative depuis la dernière décade et des chiffres avoisinants les 5% dans certaines études(249).

Il n'existe que deux articles dans la littérature qui traitent de la gestion de l'échec après un premier lambeau libre de membre inférieur il s'agit de Benacquista et al. en 1996 et plus récemment de Culliford et al. en 2007(252,253).

Parmi ces échecs 80% bénéficieront d'une seconde reconstruction et 20% seront amputés après le premier échec(253), on explique les différences dans la gestion d'un premier échec sur différents niveaux :

- **Le terrain initial du patient et sa volonté** de poursuivre une reconstruction qui influenceront le chirurgien sur la stratégie secondaire.
- **La cause de l'échec** qui permettra d'évaluer l'accessibilité à une deuxième reconstruction microchirurgicale
- **Les conséquences de l'échec** : la variabilité des présentations cliniques d'un échec engendre différentes possibilités de reconstruction secondaire qui pourront être simple (ex : TPN / greffe de peau) ou plus complexe (ex : lambeau local / lambeau libre)

Le taux de succès d'une deuxième reconstruction est inférieur à celui de la première (57 % dans la série de *Benacquista* et 63% dans la série de *Culliford*).

Il faudra effectuer une sélection rigoureuse des patients afin de maximiser les

chances de succès et identifier précisément les causes d'échec du premier lambeau pour adapter la stratégie secondaire.

On sait que toute fracture ouverte expose au risque septique, l'ostéomyélite reste une problématique majeure dont la traduction clinique à distance (pseudarthrose, fistulisation, ostéite, sepsis) peut venir mettre en échec la reconstruction initiale et nécessiter une nouvelle prise en charge multidisciplinaire en collaboration avec une équipe d'infectiologue ostéo-articulaire.

Il s'agit d'une nouvelle entité distincte en reconstruction de membre inférieur, qui nécessite une prise en charge spécifique.

IV. Étude de la série : Matériels et Méthode

Notre travail de recueil rétrospectif s'est porté sur une période de 16 ans de reconstructions par lambeaux libres réalisées entre le 1^{er} janvier 2004 et le 31 décembre 2020 dans le service de chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique du CHU de Nantes.

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence les facteurs pouvant influencer sur la réussite de la reconstruction du lambeau, du sauvetage du membre, et la survenue de complications afin de comparer ces données à la littérature et d'améliorer la prise en charge au sein de la filière ortho-plastique.

Cette étude monocentrique a permis de recueillir une base de données de 102 patients ayant bénéficié d'une reconstruction post-traumatique de membre inférieur par lambeau libre.

1. RECUEIL DES DONNEES

Les données ont été recueillies rétrospectivement à partir du **logiciel PowerChart**, des **dossier papiers** des services de chirurgie plastique et orthopédique ainsi que du logiciel d'anesthésie **Pégase**. Ces informations ont ensuite été regroupées sous la forme d'un tableau Excel.

Critères d'inclusion

Les critères de sélection des patients sont les suivants :

- Reconstruction par lambeau libre
- Perte de substance du membre inférieur
- Reconstruction post-traumatique (fracture ouverte gustilo IIIB ou C, exposition de matériel, nécrose secondaire de la voie d'abord orthopédique, exposition d'une structure noble)
- Patient adulte (15 ans et 3 mois révolus, pubère)

Critères de non-inclusion

Les patients présentant les caractéristiques suivantes ont été exclus :

- Reconstruction d'ostéomyélite post-traumatique
- Patient mineur
- Lésion du membre inférieur d'origine non traumatique (brûlure, cancer, plaie chronique, purpura fulminans...)

L'analyse de la base de données du CHU de Nantes nous a permis d'obtenir une liste de 296 patients à partir d'une recherche des codes CCAM suivants :

- **PZMA004** : Réparation par lambeau libre cutané, fascial, fascio-cutané ou sous-cutané, musculaire, musculocutané, musculotendineux ou osseux avec anastomoses vasculaires.
- **PZMA005** : Réparation par lambeau libre ostéocutané, ostéomusculaire ou ostéo-musculo-cutané, avec anastomoses vasculaires.

La lecture des diagnostics et des comptes rendu opératoires nous a permis, dans un second temps, de sélectionner les patients correspondant à notre sujet et de réduire la liste à 102 lambeaux.

Pour chaque patient nous avons recueilli les données suivantes :

Caractéristiques intrinsèques :

Age - Sexe - Tabac - Diabète - Antithrombotique - IMC - Score ASA - AOMI - Isolement social - Chômage.

Caractéristiques lésionnelles :

Mécanisme lésionnel - Contexte infectieux local - Lésions associées - Atteinte tissulaire - Type de fracture - Taille du défaut osseux - Classification de Gustilo - Lésion vasculo-nerveuse - Localisation de la perte de substance

Imagerie préopératoire :

Angioscanner/Artériographie ou doppler – Bilan lésionnel

Paramètres chirurgicaux :

Parage initial - Utilisation d'une TPN - Reconstruction primaire ou secondaire -
Traitement orthopédique - Type de lambeau libre - Délai - Durée opératoire - Durée
d'ischémie du lambeau - Vaisseaux receveurs et donneurs - Type d'anastomose -
Configuration en une ou deux équipes - Complications peropératoires

Résultat

Réussite première du lambeau - Nécrose totale ou partielle - Amputation immédiate
ou différée - Deuxième reconstruction

Paramètres anesthésiques :

Durée opératoire - Remplissage - Utilisation de Noradrénaline ou Ephédrine

Complications chirurgicales immédiates :

Type (thrombose, hématome) - Délai - Résultat

Complications chirurgicales tardives :

Type (Nécessité d'une reconstruction secondaire, Pseudarthrose) - Délai - Reprise -
Complications du site donneur

Complications médicales

Caractéristiques des reconstructions secondaires :

Délai - Type - Résultat

2. LES COMPLICATIONS ET LEURS CONSEQUENCES

Dans notre série, nous définirons la complication comme la survenue d'un événement indésirable dans les suites immédiates ou tardives de la reconstruction, indépendamment de son retentissement sur le lambeau.

Complications médicales

Complications liées aux antibiotiques- Complications thromboemboliques -
Allergies -...

Complications microchirurgicales

Thromboses vasculaires - Hématome - Infection du site opératoire –
Complications cicatricielles - ...

Les différentes complications relevées pouvaient être classées selon leur retentissement :

- **Sans conséquence** sur le lambeau
- Entraîner une **nécrose partielle**, une **désunion** ou un **retard cicatriciel** pouvant nécessiter une **reprise chirurgicale**
- Entraîner **une nécrose totale** du lambeau avec dépose

En fonction de la gravité de la lésion initiale, des antécédents du malade, du type de complication et de son retentissement la reprise chirurgicale pouvait nécessiter une deuxième reconstruction par lambeau libre ou pédiculé.

3. ANALYSE STATISTIQUE

Les analyses de cette étude ont été réalisées à partir du logiciel *R version 3.3* et *Rstudio 1.3.1093*.

Les données continues sont présentées en moyenne avec des écarts type et comparées avec un T-test ou un test de Student, les données catégorielles sont présentées en pourcentage et sont comparées en utilisant le test de Fisher ou le test de Chi².

Pour chacun des tests réalisés, le seuil de significativité considéré était de 5%. Tous les intervalles de confiance présentés sont à 95%.

V. Résultats

La grande variabilité de prise en charge des reconstructions post-traumatiques de membre inférieur concernant le délai de la prise en charge, le type de lambeau, les imageries préopératoires, les techniques peropératoires anesthésiques et chirurgicales est directement reliée à l'absence de consensus dans ce domaine. En comparaison avec la chirurgie cervico-faciale il existe peu d'études multicentriques ou de méta-analyses concernant spécifiquement la reconstruction post-traumatique de membre inférieur.

1. CARACTERISTIQUES DE LA POPULATION

a) Répartition selon le sexe et l'âge

- *Répartition selon le sexe*

Le sex-ratio homme/femme était de **4,1/1** avec 82 hommes pour 20 femmes.

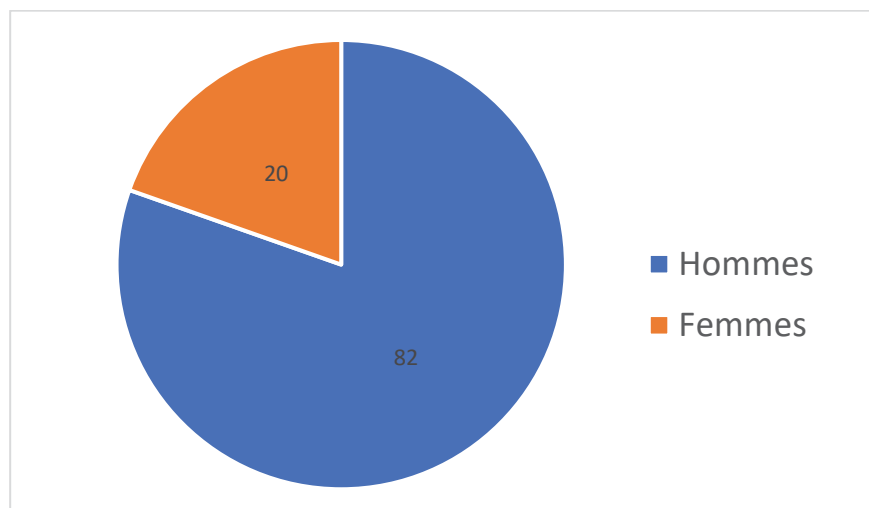


Figure 23 : Répartition de la population selon le sexe

- Répartition selon l'âge

L'âge **moyen** des patients au moment du traumatisme était de 40 ans avec des extrêmes allant de 15 ans à 77 ans et une médiane de 36 ans.

On retrouve globalement dans cette série une majorité de patients « jeunes » et la quasi-absence de représentant de la population gériatrique avec seulement un seul patient de plus de 75 ans.

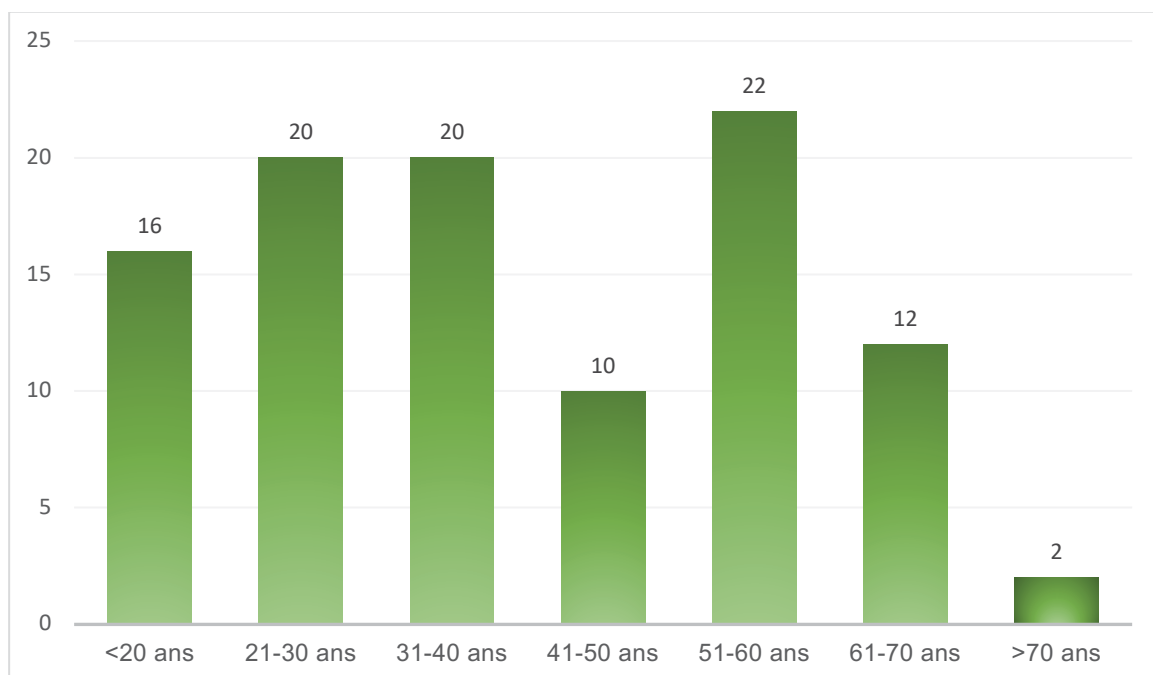


Figure 24 : Répartition de la population par tranches d'âge.

b) Les comorbidités

- Tabagisme :

Dans notre série 45 patients (**44%**) s'étaient déclarés fumeurs et présentaient un tabagisme actif au début de leur prise en charge, ils fumaient en moyenne 13 paquets-années.

La mention d'un sevrage au cours de la prise en charge et de la réalisation du lambeau n'était que rarement mentionné dans les dossiers médicaux, bien qu'il existe une politique très stricte dans le service afin d'encourager et permettre la réalisation d'un sevrage péri-opératoire.

- *Diabète et AOMI :*

On retrouvait dans la consultation d'anesthésie la mention d'un diabète pour 10 patients soit **9,8%** des cas, en revanche la présence d'une AOMI n'était que rarement mentionnée malgré le fait que certains patients présentaient des comorbidités cardiovasculaires majeures (Cardiopathie ischémique / AVC ischémique) pouvant laisser entendre une large sous-estimation de cette population dans l'étude associé à une sélection drastique des malades. (*5 malades présentaient une AOMI de type I soit 4,9% des patients*)

- *Évaluation de l'indice de masse corporelle*

L'IMC moyen des patients était de **24,1** avec des écarts allant de 15 à 39 et une médiane de 24.

Deux patients étaient atteints d'un trouble **anorexique** et présentaient une maigreur (IMC<18,5) et 7 patients étaient en situation **d'obésité** dont 5 patients en obésité de grade I (IMC entre 30 et 34,9) et 2 patients en grade II (IMC > 35).

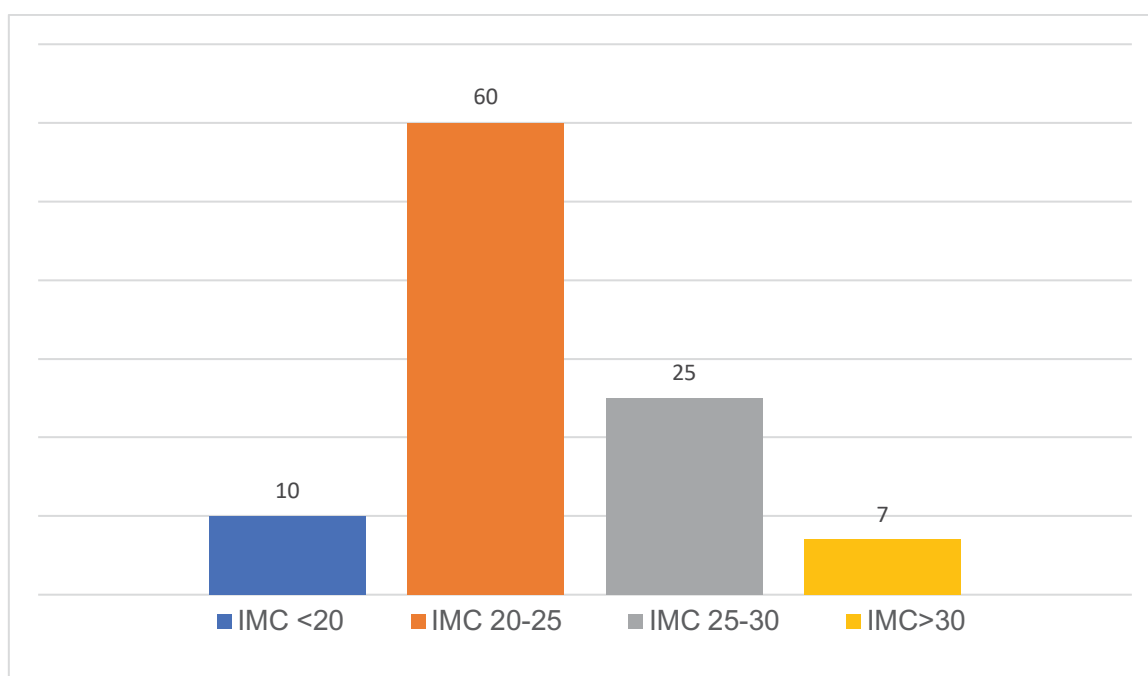


Figure 25 : Répartition de la population selon l'IMC

- *Score anesthésique **ASA** (American society of anesthesiologists)*

Les scores ont été récupérés via le résumé de la consultation préopératoire d'anesthésie sur le logiciel Pégase.

La grande majorité des malades sélectionnés pour une reconstruction étaient globalement en bonne santé 60% (ASA 1) ou présentaient une maladie systémique légère équilibrée 30% (ASA 2), seule 5% des patients présentaient une atteinte systémique grave (ASA 3) et un seul patient une affection grave mettant en jeu son pronostic vital (ASA 4).

Dans notre série **9%** des patients bénéficiaient d'un traitement par aspirine et **4%** d'un traitement anticoagulant au long cours (ACFA/ Embolie pulmonaire).

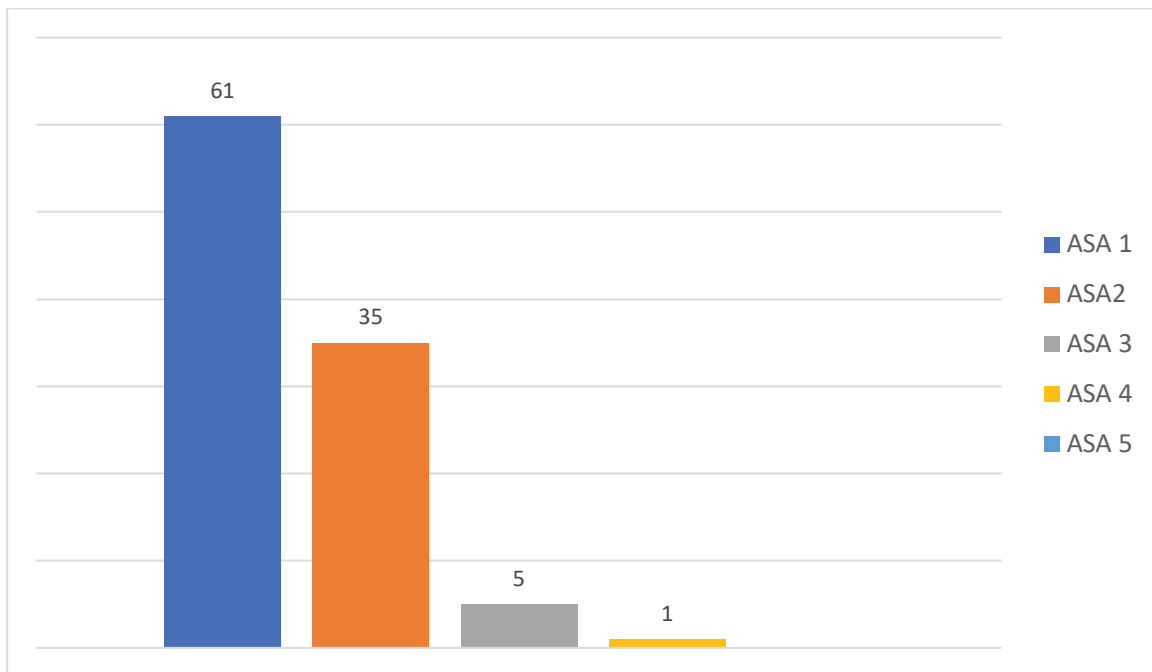


Figure 26 : Répartition des patients selon le score ASA.

- *Entourage et insertion :*

On retrouvait dans cette série 19 patients (**18%**) au chômage prolongé, une désinsertion sociale ou en arrêt de travail longue durée. Il apparaissait utile de rapporter ce type d'informations pour évaluer la réussite potentielle d'un parcours chirurgical de reconstruction.

Dans la série de *Bosse et al.*(83) qui étudiait les changements induits par l'amputation ou une reconstruction de membre inférieur post-traumatique sur le comportement et la réalisation des activités quotidiennes grâce au **SIP** (*Sickness impact profil*), on retrouvait une diminution significative de cet indice en relation avec le faible niveau socio-économique, la désinsertion socio-professionnelle et le faible entourage social.

2. CARACTERISTIQUES LESIONNELLES

- *Topographie lésionnelle*

Les pertes de substances intéressaient volontiers l'extrémité du membre inférieur avec une prédominance des reconstructions concernant la moitié distale du tibia (40%).

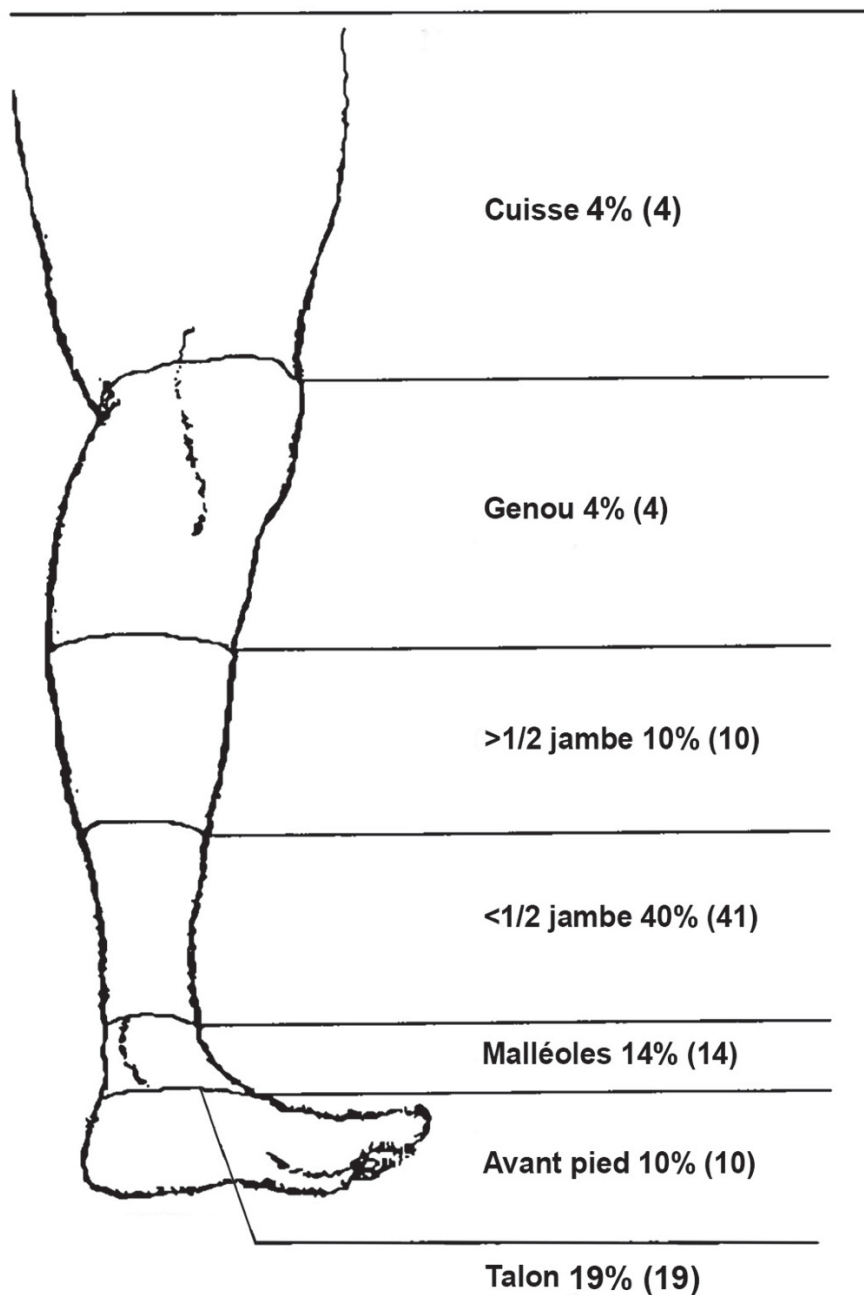


Figure 27 : Schéma de la répartition anatomique des lésions

- *Mécanisme du traumatisme*

La grande majorité des reconstructions concernaient des accidents de la voie publique (46%) parmi lesquelles **50% sont des accidents de moto** (soit presque ¼ de l'ensemble des reconstructions par lambeau libre).

On retrouve dans cette population 20 % de polytraumatisés (atteinte traumatique multiple dont une mettant en danger du pronostic vital).

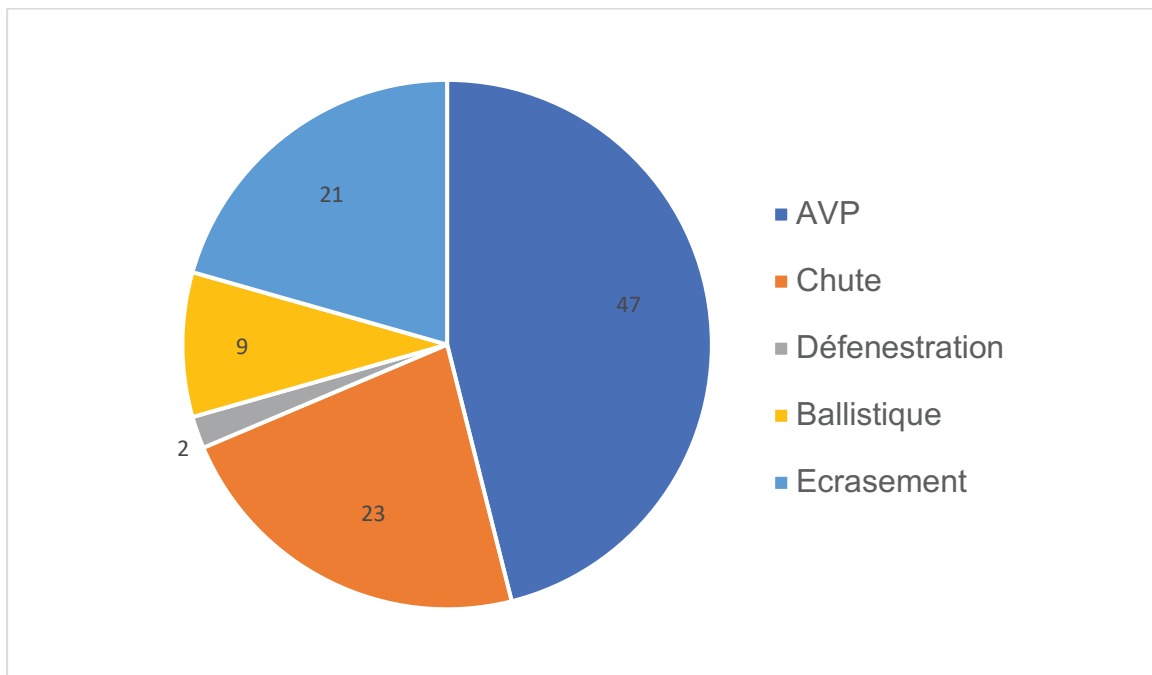


Figure 28 : Répartition des différents types de mécanisme lésionnel

- *Classification des lésions*

Les reconstructions de cette série concernaient dans 11,8% des cas une atteinte isolée des parties molles avec exposition secondaire d'une structure noble et nécessitant une couverture.

88,2 % des indications restantes concernaient des **fractures** :

- 6 patients avaient présenté une fracture **fermée** avec exposition secondaire du foyer de fracture
- 84 patients avaient présenté une fracture **ouverte** du membre inférieur en grande majorité de type **Gustilo IIIB** (58 patients).

Dans notre série, 7 patients avaient nécessité une **revascularisation** en urgence par un pontage vasculaire réalisé avant la stabilisation du foyer de fracture (Gustilo IIIC).

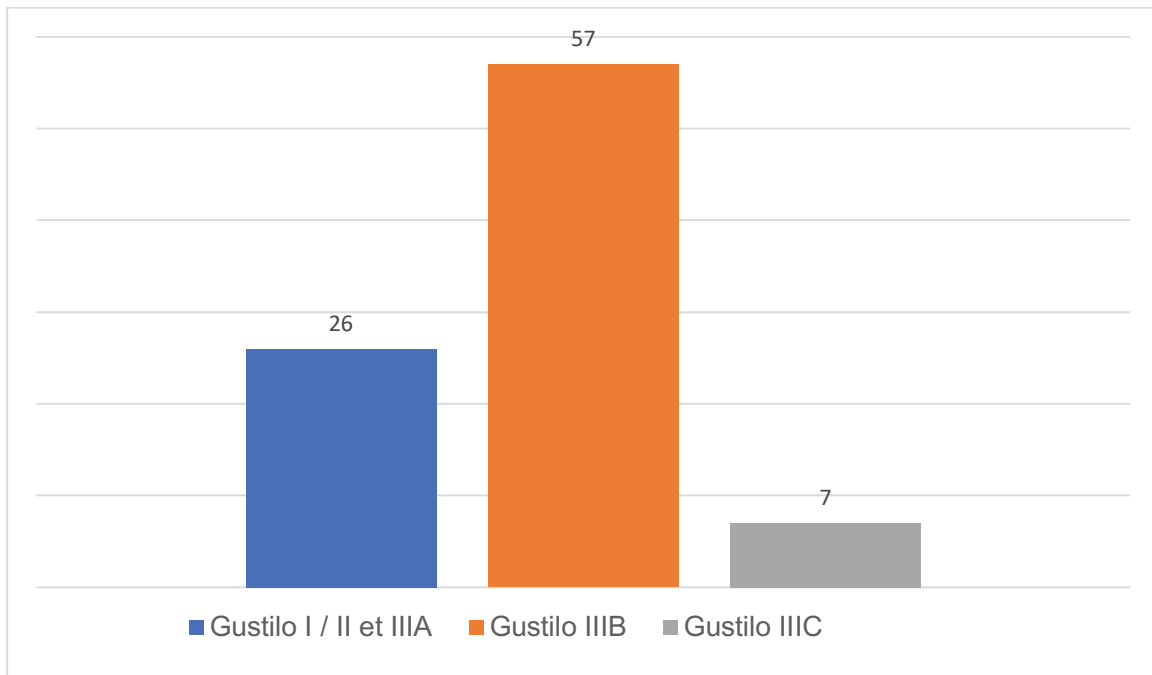


Figure 29 : Répartition des fractures ouvertes selon la classification de Gustilo & Anderson

Les lésions de la moitié inférieure de jambe concernaient des fractures ouvertes dans **93%** des cas (n=40/43).

- *Perte de substance osseuse*

Les fractures ouvertes étaient parfois associées à une perte de substance osseuse que l'on retrouvait chez **30 patients (29,4%)**.

Les données des comptes rendus opératoires d'orthopédies nous permettaient d'évaluer un défaut osseux **moyen de 4cm** (*min* :1cm ; *max* :12cm).

Les défauts compris entre **1 et 5cm** étaient reconstruits en deux temps (membrane induite selon *Masquelet*) avec mise en place d'une autogreffe *d'os spongieux* (*prélevé en crête iliaque dans la grande majorité des cas >50%*), quand la perte de substance osseuse était **supérieure à 5cm** un *lambeau osseux* était favorisé (lambeau de fibula ou serratus avec une côte).

	Cuisse N=4	Genou N=4	>1/2 de jambe N=12	>1/2 de jambe N=39	Malléoles N=14	Dos du pied N=10	Calcaneum N=19
Atteinte isolée des tissus mous N=6	0	0	0	1	1	1	3
Fracture fermées N=6	0	0	1	2	1	1	1
Autres fractures ouvertes = 26	3	1	0	12	1	4	6
IIIB N=57	1	3	6	22	11	4	9
IIIC N=7	0	0	5	2	0	0	0

Figure 30 : Tableau récapitulatif du type de perte de substance selon la localisation

3. IMAGERIE PREOPERATOIRE

Nous avons analysé la réalisation des différentes imageries vasculaires de planification préopératoire à partir du logiciel *CareStream* et des différentes mentions dans le dossier, ainsi que des comptes rendus lorsqu'ils étaient retrouvés. Pour 95% des patients nous avons retrouvé une imagerie préopératoire spécifique, pour 5% des patients il n'était fait aucune mention d'une imagerie.

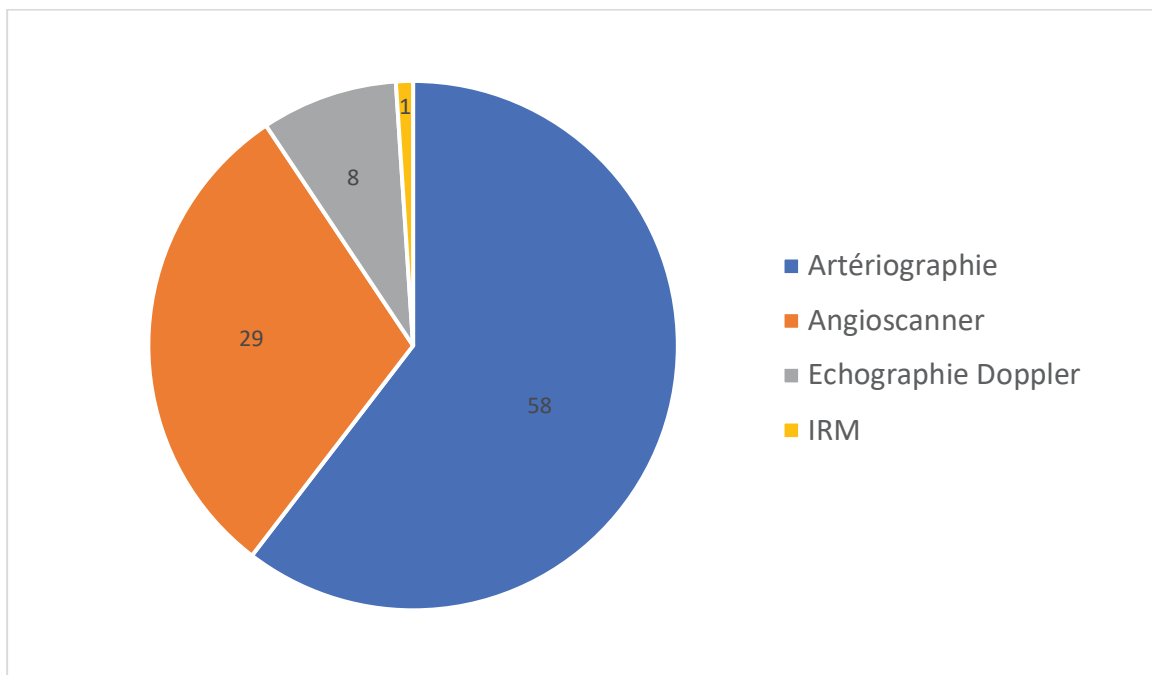


Figure 31 : Répartition selon le type d'imagerie préopératoire de planification chirurgicale n=96

On retrouve une évolution progressive de la prise en charge, avec **80%** des artériographies qui ont été réalisées pour les patients avant 2011 au bénéfice de l'angioscanner pour la décennie suivante.

34 patients rapportaient une atteinte du trépied vasculaire de la jambe avec une interruption du flux d'au moins l'un des deux axes majeurs (*tibial postérieure* ou *antérieure*), lorsque les causes étaient identifiées il s'agissait d'une sténose, d'une thrombose ou encore d'un spasme.

Dans les cas où une atteinte des axes vasculaires était identifiée par le radiologue on retrouvait dans **60%** des cas l'interruption du *flux tibial antérieur*, dans **25%** des cas l'interruption du *flux tibial postérieur* et dans **15 %** des cas l'interruption du *flux fibulaire*.

Localisation de l'interruption vasculaire	Nombres	Localisation des anastomoses	Type d'anastomose
Tibiale antérieure	17	15 TP 1 Fibulaire 1 TA	15 TL 2TT
Tibiale postérieure	7	4 TP 3 TA	5 TT 2 TL
TA+TP	3	3 Poplité	3 TL
Fibulaire	4	2 TA 2 TP	2 TT 2 TL

Figure 32 : Répartition des fractures ouvertes selon la classification de Gustilo & Anderson

On retrouvait dans notre service une affinité pour la réalisation des anastomoses au niveau de la TP, même lorsque celle-ci était endommagée notamment dans le ¼ distal (n=4) on réalisait une anastomose termino-terminale sur le moignon de la TP. L'atteinte du tronc tibial antérieur impliquait presque systématiquement (89% des cas) la réalisation d'une anastomose sur le système tibial postérieur.

Pour deux patients, une dissection et un pseudo-anévrisme avaient été mis en évidence sans retentissement évident sur les flux artériels.

Pour 47 patients, le radiologue décrivait un trépied vasculaire perméable.

Dans 5 cas, une infiltration athéromateuse importante de la paroi des axes artériels de la jambe était retrouvée, toutefois sans sténose significative pouvant nécessiter un geste de revascularisation préopératoire.

Il convenait alors à l'opérateur d'adapter sa stratégie des vaisseaux receveurs sur une artère et à un niveau sain de plaque d'athérome qui pourrait compliquer techniquement les anastomoses.

4. CARACTERISTIQUES DE LA RECONSTRUCTION

- Reconstruction **primaire** ou **secondaire**

On considère qu'il s'agissait d'une reconstruction **primaire** lorsque l'indication du lambeau libre était posée en première intention pour une perte de substance Gustilo IIIB et IIIC en l'absence d'échec d'une reconstruction ultérieure.

Elles concernaient **68%** (n=70) des reconstructions dans notre série.

Les reconstructions **secondaires** concernaient les expositions secondaires d'un os, d'une articulation ou du matériel orthopédique en cas de souffrance cutanée au niveau de la voie d'abord ou lors d'un échec de reconstruction par une autre technique. Elles concernaient **32%** (n=32) des reconstructions dans notre série.

- Délai de la prise en charge

La prise en charge moyenne dans le service entre le traumatisme et l'intervention chirurgicale était de 65 jours avec une médiane à 30 jours. La prise en charge la plus précoce était à 6 jours du traumatisme.

En s'appuyant sur les données de la littérature nous avons décidé de réaliser 3 groupes en fonction du délai de prise en charge afin d'étudier et comparer les reconstructions précoces (Groupe **A** <15 jours), les reconstructions différées (groupe **B** 15-60 jours) et les reconstructions tardives (groupe **C** > 60 jours).

Les reconstructions différées constituaient 64% des prises en charge de notre série, elles témoignent souvent du délai important existant entre le premier geste orthopédique, l'avis chirurgical de reconstruction et l'organisation d'une chirurgie de reconstruction.

Une intervention précoce n'était réalisée que dans 23% des cas, et en différé dans 15% des situations de reconstruction.

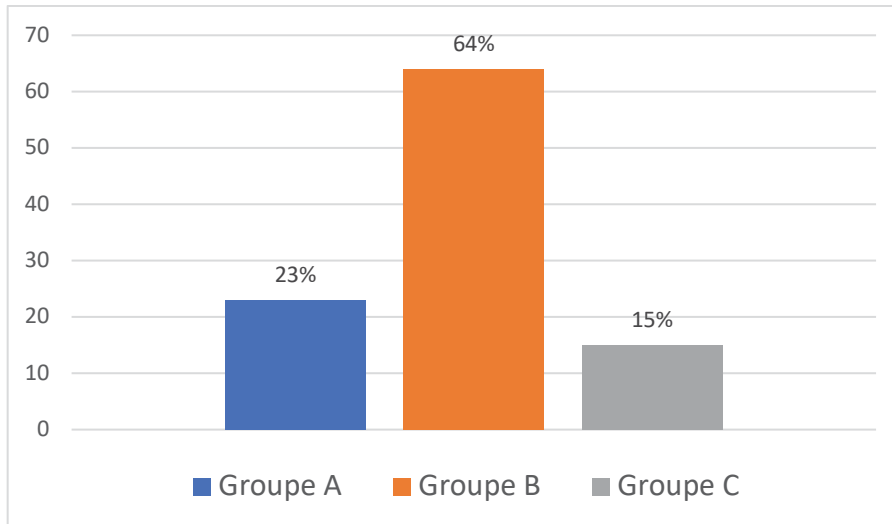


Figure 33 : Répartition selon le délai de prise en charge des reconstructions en trois groupes (précoce, différé, tardif)

- Type de lambeau

Au CHU de Nantes, pour 102 reconstructions nous avons réalisé 37 lambeaux de *dentelé* (Serratus Anterior), 21 lambeaux de *grand dorsal* (*Latissimus Dorsi*), 16 lambeaux de *grand droit* de l'abdomen (*Rectus Abdominis*), 10 lambeaux de *fascia temporal superficiel* (FST), 6 lambeaux osseux de *fibula* (dont une fibula associée à un LGD), 5 lambeaux *composites de dentelé + côte*, 4 lambeaux de *fascia de dentelé*, 2 lambeaux *chimériques grand dorsal + dentelé + côte*, 1 lambeau *antébrachial radial*.

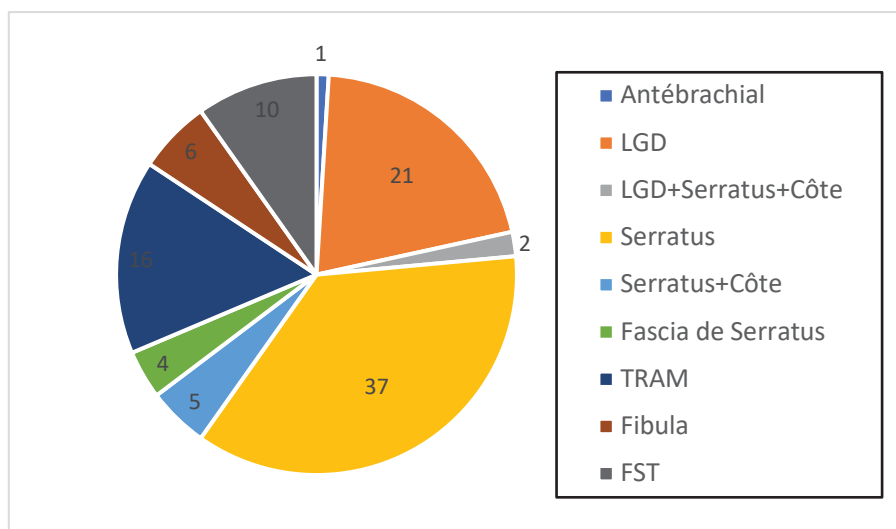


Figure 34 : Répartition selon les différents types de lambeau utilisés.

La majorité (63% ; n=65)) des lambeaux étaient *musculaires purs*, 10 % (n=11) avaient une *palette cutanée* (9 LGD et une fibula), 12% (n=13) des lambeaux ont permis une reconstruction osseuse et 15% (n=14) étaient des lambeaux de fascia qui étaient également greffés dans le même temps opératoire.

Les lambeaux musculaires étaient le plus souvent greffés dans le même temps opératoire entre j5 et j10 pour permettre une évaluation clinique du lambeau musculaire

	Cuisse N=4	Genou N=4	>1/2 de jambe N=12	>1/2 de jambe N=39	Malléoles N=14	Dos du pied N=10	Calcanéum N=19
Antébrachial N=1				1			
LGD N=21		1	6	6	2		6
LGD+Serratus+Côte N=2	1	1					
Serratus N=37			3	19	5	4	6
Serratus+Côte N=5				2		3	
Fascia de serratus N=4						2	2
TRAM N=16		1	2	8	4		1
Fibula N=6	3	1	1	1			
FST N=10				2	3	1	4

Figure 35 : Tableau récapitulatif des lambeaux utilisés en fonction de la localisation de la perte de substance

Dans notre série, près de 45% des reconstructions de la moitié inférieure de jambe étaient reconstruites par un lambeau musculaire de **Serratus Anterior** dont la taille associée à un pédicule suffisamment long correspondait volontiers aux reconstructions des pertes de substances modérées de la moitié distale de la jambe. Le choix du type de lambeau repose évidemment sur la perte de substance à reconstruire, la ou les fonctions à restaurer et les propriétés intrinsèques de chaque lambeau (taille de la palette, du pédicule, fascia ou muscle). Mais ce choix tient compte également du patient, de ses comorbidités et des séquelles au site donneur, ainsi qu'aux habitudes de l'opérateur.

- Durée opératoire, durée de prélèvement et durée d'ischémie du lambeau

Variable	Moyenne	Min	Max	Médiane
Durée opératoire	347 min (5h45)	180 min (3h)	720 min (12h)	330 min (5h30)
Durée du prélèvement	120 min	90 min	240 min	110 min
Durée d'ischémie	103 min	50 min	360 min	85 min

Figure 36 : Tableau récapitulatif des différentes variables opératoires.

Les durées maximales d'ischémie étaient observées dans le cas des reconstructions nécessitant un geste de pontage des vaisseaux receveurs avec le pédicule donneur ou encore lorsqu'il fallait réaliser des révisions anastomotiques peropératoires itératives en cas de thrombus du pédicule.

- Anastomoses

Dans notre étude, 4 patients avaient bénéficié d'un pontage saphène des vaisseaux receveurs.

La décision de pontage était peropératoire lorsque le pédicule donneur était trop court (n=1) ou après échec des révisions anastomotiques (n=3).

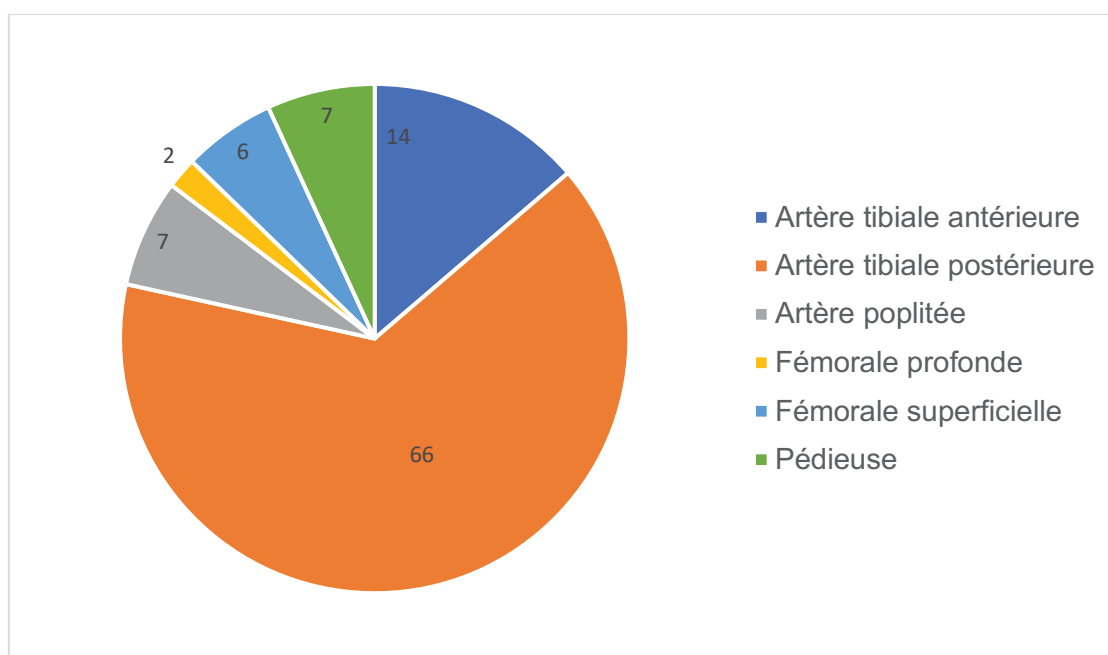


Figure 37 : Répartition des reconstructions selon les artères receveuses.

On observe dans cette série que la grande majorité des reconstructions employait l'artère tibiale postérieure comme vaisseau dans **2/3 des cas**.

L'artère fibulaire n'a jamais été utilisée comme pédicule artériel receveur.

Les anastomoses étaient réalisées en termino-terminales dans 56% (n=57) des cas et en termino-latérales dans 44% (n=45) des cas.

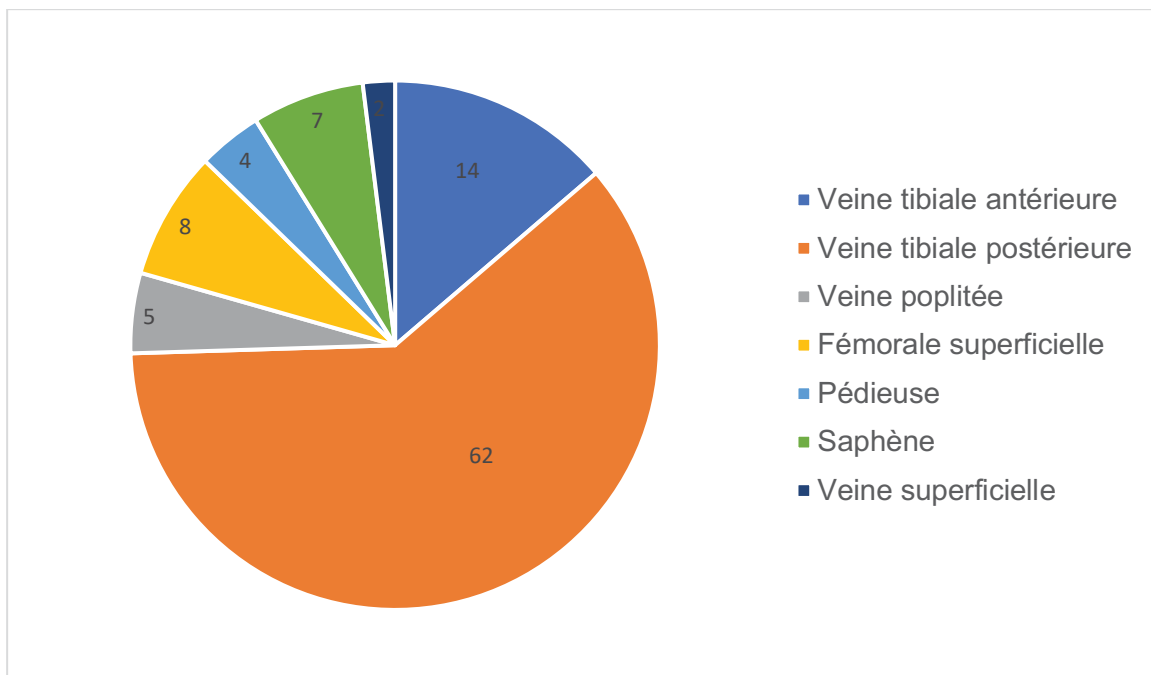


Figure 38 : Répartition des reconstructions selon les veines receveuses.

La sélection des veines receveuses suit globalement le choix du pédicule artériel, on retrouve parfois la sélection d'une veine superficielle retrouvée en périphérie du site d'anastomose des vaisseaux receveurs.

Les anastomoses étaient réalisées en **termino-terminales dans 94%** (n=96) des cas et en **termino-latérales dans 6%** (n=6) des cas pour permettre une adaptation lors des asymétries de congruence entre les vaisseaux donneurs et receveurs.

5. COMPLICATIONS DES RECONSTRUCTIONS

a) Les complications chirurgicales

- Les thromboses vasculaires :

Sur les 102 cas de reconstructions du service, il y a eu 38 thromboses vasculaires parmi lesquelles :

- 24 (63%) étaient immédiates dont 5 avaient conduit à une dépose immédiate du lambeau, 8 nécroses totale avait été observé dans les suites (54% d'échecs liés à une thrombose immédiate).

Il y avait donc un *taux d'échecs de 54 %* des lambeaux associés à une thrombose peropératoire.

Dans 58% des cas il fallait reprendre une thrombose du pédicule artériel(n=14), dans 20,8% des cas il fallait reprendre une thrombose du pédicule veineux (n=5), et dans 20,8% (n=5) la thrombose était d'origine mixte.

-14 (36%) avaient nécessité une reprise chirurgicale différée au bloc opératoire pour la révision des anastomoses.

La reprise avait lieu **en moyenne à 36 heures** de la chirurgie initiale.

Lorsque la reprise avait lieu dans les **24 premières**, 100% des révisions concernaient le pédicule artériel et 10% des révisions nécessitaient également une reprise de la veine.

Lorsque la révision s'effectuait **après 48h**, 75% des révisions concernaient le pédicule artériel et 50% des révisions nécessitaient également une reprise de la veine.

Parmi ces 14 cas, on retrouvait un échec du premier lambeau pour 9 cas, la reprise chirurgicale permettait donc *un taux de sauvetage de 35%*.

- Nécrose totale et partielle

Au cours de la première reconstruction par lambeau libre nous avons enregistré un taux de **nécrose totale** de 27% (n=28), parmi lesquelles on retrouvait une notion de thrombose per et postopératoire dans 19 cas, 1 infection de site opératoire précoce, 1 hématome, 7 causes non identifiées.

Dans les suites, 5 patients avaient bénéficié d'une amputation immédiate et 23 ont eu une reconstruction secondaire.

On retrouvait également 14% (n=14) **nécrose partielle**, dont deux avaient été relié avec une ISO précoce, et une en lien avec un hématome pour lesquelles une reprise au bloc pour un parage nettoyage avait été réalisé.

Une nécrose partielle avait été associée à un échec de sauvetage sur une ISO tardive avec une pseudarthrose septique qui avait nécessité une amputation à distance.

- Les hématomes :

5 patients avaient nécessité une reprise au bloc opératoire pour évacuation d'un hématome, la moyenne de la reprise était de 19 heures postopératoire (*min* : 6 h *max* : 38h).

Dans les suites ces hématomes avaient entraîné :

- 1 nécrose totale ayant nécessité dans les suites une deuxième reconstruction par un parage au bloc opératoire suivi d'un temps de TPN pendant 40 jours et ayant nécessité une greffe de peau mince.
- 1 nécrose partielle n'ayant pas entraîné d'exposition de la zone critique qui avait nécessité une reprise pour évacuation de l'hématome, parage de la nécrose et cicatrisation dirigée.

- Les complications du site donneur :

Dans notre série nous avons retrouvé 20 complications de site donneur pour 20 patients différents (19%).

- 4 *hématomes* du site donneur pour lesquelles une reprise avait été nécessaire pour $\frac{3}{4}$.
- 1 *paralyse faciale frontale* (sur un lambeau de FST) qui avait nécessité des injections de toxine botulique controlatérale de symétrisation.
- 2 *alopécies cicatricielles*
- 6 *séromes* évacués en consultation
- 2 *hernies de la paroi abdominale* (qui avait été pris en charge par les chirurgiens digestifs pour une reconstruction de la paroi)
- 5 *désunions sur le site de prélèvement* traitées par cicatrisation dirigée.

- Les infections du site opératoire (ISO) :

Nous avons enregistré deux types d'infections de site opératoire, les infections précoces (< 3 semaines) qui se caractérisaient par un écoulement purulent, un abcès, un lambeau chaud et inflammatoire et qui nécessitait une reprise chirurgicale en urgence.

Les infections du site opératoires tardives (> 3 semaines) représentées par les pseudarthroses septiques :

- **4 ISO précoces** avaient été identifiées dont 2 avaient entraîné des nécroses partielles sans nécessité d'une deuxième reconstruction, 1 nécrose totale qui avait nécessité une deuxième reconstruction et 2 n'avaient pas eu de retentissement.
- **20 ISO tardives** avec 2 infections de matériel opératoires et 18 pseudarthroses septiques dont 3 ont terminé en échec de sauvetage du membre inférieur avec amputation, 3 ont nécessité une seconde reconstruction (pour couverture et/ou greffe osseuse).

Dans notre étude il est intéressant de constater que ces ISO surreprésentées dans le **groupe B** (reconstruction différées) : 18/24 soit **75% des reprises infectieuses**.

- L'échec de sauvetage du membre inférieur

Dans notre série de 102 reconstructions post-traumatiques de membre inférieur, nous avons recueilli dans la limite de la durée de suivi des patients **16 échecs de sauvetage de membre inférieur soit un taux d'échec de 15,6%, dans les limites du suivi des patients de notre étude.**

Le suivi minimum était de 3 mois, et le suivi moyen était de 2,5 ans.

Les échecs de sauvetage du membre définissaient par :

- Une amputation : 11 patients avaient eu une amputation soit 10,9% de la population de cette étude, parmi lesquels 5 d'entre elles avaient eu lieu après l'échec du premier lambeau libre
- Un membre non fonctionnel (objectif fonctionnel non atteint) pouvant être associé à une plaie chronique pour 5/16 patients de notre série.

Ces échecs pouvaient survenir dès la survenue de l'échec d'une première reconstruction (échecs précoces), après échec des reconstructions successives (différés) ou encore à distance le plus souvent sur une ISO tardive (échecs tardifs).

- La durée d'hospitalisation

La durée moyenne d'hospitalisation était de **46 jours**, avec une valeur médiane de 40 jours.

La durée minimale était de 10 jours et maximale de 300 jours, nous l'avons calculée sur les durées d'hospitalisations en service de chirurgie à partir du premier geste chirurgical (parage et/ou ostéosynthèse) jusqu'à la fin du programme chirurgical de reconstruction.

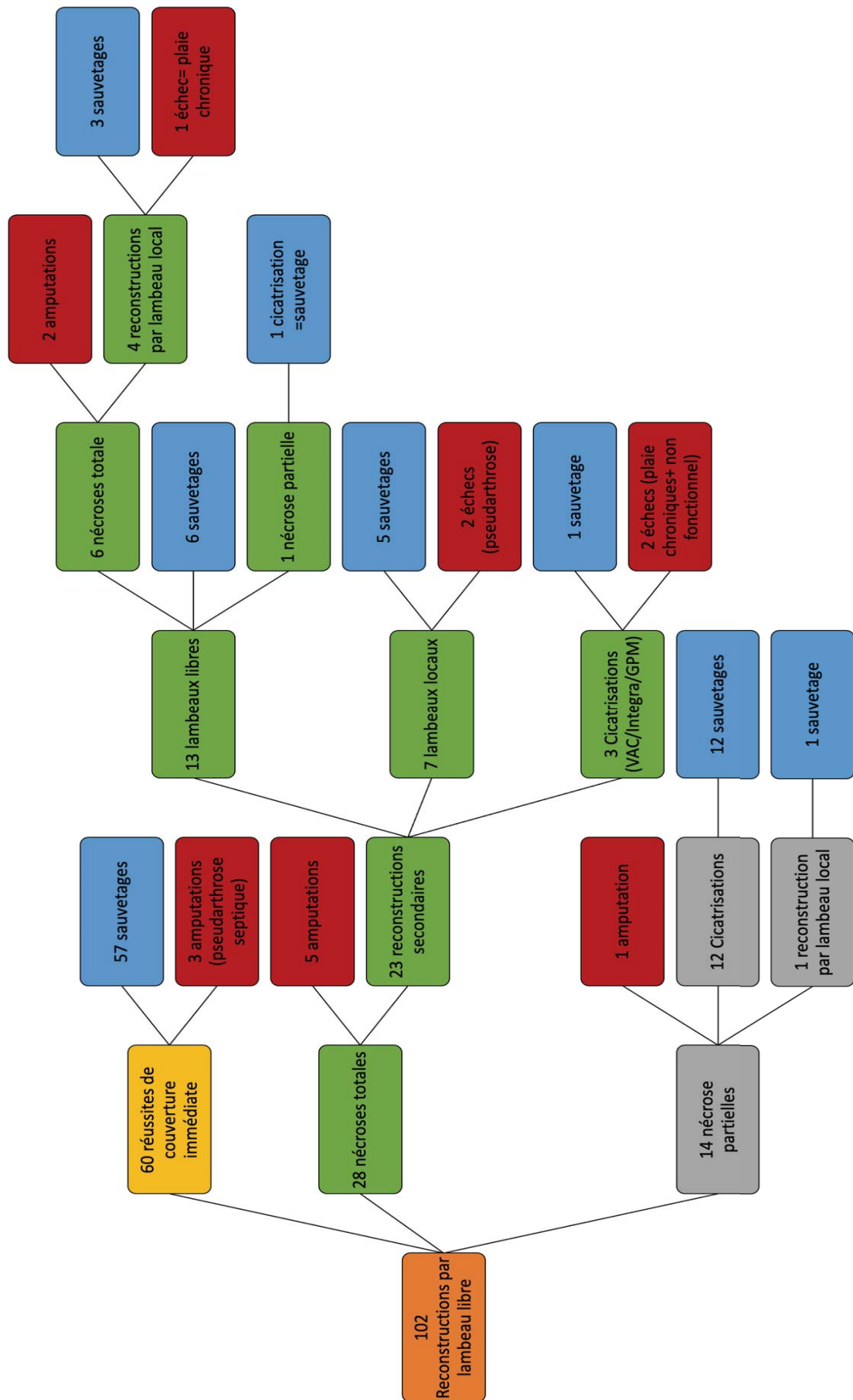


Figure 39 : Tableau de synthèse des complications et stratégie de reconstructions

b) Les complications générales :

Nous n'avons pas recensé de décès au cours de l'hospitalisation en lien avec la prise en charge chirurgicale.

On dénombre :

- **14 cas d'effets secondaires lié aux antibiotiques** dont 1 cas de toxidermie, 1 cas d'hépatite grave, et 12 effets secondaires légers (diarrhées, réactions cutanées...)
- **10 décompensations psychiatriques** avec des épisodes dépressifs caractérisés ou décompensation d'une pathologie psychiatrique préexistante.
- **5 septicémies infectieuses** dont un choc septique.
- **2 cas de délirium tremens** dont un ayant causé une reprise du lambeau car le patient avait chuté au cours d'un épisode d'agitation.
- **6 décompensations métaboliques** sévères (rénale, diabétique, BPCO,...)

On recense donc un total de 37 complications médicales survenues pour 34 patients soit 33% de complications générales dont 3 ayant mis en jeu le pronostic vital du patient concerné.

6. ANALYSE DES PARAMETRES PERI-OPERATOIRES

Notre analyse comparait :

- Le groupe 1 : Échec avec nécrose totale ou nécessité d'une deuxième chirurgie de reconstruction
- Le groupe 2 : Réussite de la première reconstruction (dont nécrose partielle ayant été géré par cicatrisation dirigée et/ou greffe cutanée simple)

Dans un second temps nous nous étions intéressés aux facteurs qui pouvaient avoir une influence sur l'incidence des thromboses du lambeau qui est la première cause de l'origine d'un échec notamment dans le contexte post-traumatique (avec la notion de zone lésionnelle et de PTVD).

a) Les paramètres intrinsèques des patients :

Dans notre série nous ne retrouvons pas de différence significative en termes de caractéristiques démographiques et de comorbidités dans les deux groupes étudiés : groupe 1 (nécrose totale du premier lambeau n=28) et le groupe 2 (Réussite du premier lambeau n=74) (Cf. Figure 40)

L'analyse statistique ne permettait pas de trouver une association entre l'échec de couverture et l'âge ($p=0,526$), le sexe ($p=0,21$), le tabac ($p=0,408$), l'IMC ($p=0,616$), le score ASA ($p=0,9$), l'AOMI ($p=0,9$).

On retrouvait une moyenne d'âge comparable dans les deux groupes proches de 40 ans, une répartition légèrement asymétrique du sexe avec une proportion plus importante de nécrose totale pour le sexe féminin (28,5% contre 16,2% ; $p=0,26$).

Le score ASA ne semble donc pas pouvoir être mis en relation avec un échec de la chirurgie, et on ne retrouvait pas d'association significative entre le score ASA et l'incidence des complications médicales notamment pour un score ASA >3.

	Total N=102	Groupe 1 (Nécrose totale n=28)	Groupe 2 (Réussite n=74)	P-value
Age,				
Moyenne(SD)	39,9 (17,21)	41,1 (18,36)	39,4(16,84)	0,526
Médiane	36	36	36	(Wilcoxon)
Q1-Q3	25-54	25-56	25-53	
Min-Max	15-77	15-77	16-72	
Sexe				0,26
Femme	20 (19,6%)	8 (28,5%)	12 (16,2%)	(Chi2)
Homme	82 (80,4%)	20 (71,4%)	62 (83,7%)	
Fumeur				0,408
Oui	57 (55,9%)	10 (35,7%)	35 (47,3%)	(Chi2)
Non	45 (44,1%)	18 (64,3%)	39 (52,7%)	
Diabète				0,616
Oui	10 (9,8%)	3 (10,7%)	7 (9,5%)	(Wilcoxon)
Non	92 (90,2%)	25 (89,3%)	67 (90,5%)	
AOMI				0,9
0	97 (95,1%)	27 (96,4%)	70 (94,5%)	(Chi2)
1	5 (4,9%)	1 (3,5%)	4 (5,4%)	
IMC				0,616
Moyenne (SD)	24,15 (4,18)	24,39 (3,97)	24,05 (4,28)	(Wilcoxon)
Médiane	24	24	23,5	
Q1-Q3	22-26	22-27	21,25-26	
Min-Max	15-39	17-34	15-39	
ASA				0,9
1	61 (59,8%)	17 (58,6%)	44 (60,3%)	(Fisher)
2	35 (34,3%)	11 (37,9%)	24 (32,9%)	
3	5 (4,9%)	1 (3,4%)	4 (5,5%)	
4	1 (1%)	0 (0%)	1 (1,4%)	

Figure 40 : Analyse des caractéristiques intrinsèques

b) Les caractéristiques de la lésion

L'étude des différentes caractéristiques ne permettait pas de retrouver une différence significative dans la répartition entre les deux groupes étudiés (1 et 2) notamment pour : le mécanisme ($p=0,408$), le type de lésion ($p=0,221$), la présence d'un défaut osseux ($p=1$), la localisation de la perte de substance ($p=0,421$). (Cf. Figure 41).

On retrouve un taux d'écrasement deux fois plus important dans le groupe 1 (nécrose totale) : 31% contre 16,2%, ce qui semble corroborer l'importance des lésions tissulaires et vasculaires de ce type de lésion.

A la différence de certaines études, la notion de perte de substance osseuse pourtant synonyme de traumatisme à haute cinétique, ne semble pas être reliée à des taux d'échecs plus importants.

On remarque qu'il existe une proportion à la nécrose totale plus importante pour les traumatismes de grade IIIC (10,7% contre 4,1%), ainsi que pour les pertes de substances intéressant la moitié proximale de la jambe (17,8% contre 9,4%) ainsi que pour le talon (28,5% contre 14,8%).

	Total N=102	Groupe 1 (Nécrose totale n=28)	Groupe 2 (Réussite n=74)	P-value
Mécanisme				0,408
AVP	46 (45,1%)	10 (34,5%)	36 (48,6%)	(Fisher)
Balistique	9 (8,8%)	3 (10,3%)	6 (8,1%)	
Chute	25 (24,9%)	6 (20,7%)	19 (25,7%)	
Défenestration	1 (1,0%)	1 (3,4%)	1 (1,4%)	
Écrasement	21 (20,6%)	9 (31,0%)	12 (16,2%)	
Type de lésion				0,221
Ex. Secondaire	6 (5,9%)	1 (3,6%)	5 (6,8%)	(Fisher)
Tissu Mou	6 (5,9%)	3 (10,7%)	3 (4,1%)	
I II IIIA	26 (25,5%)	7 (25,0%)	19 (25,7%)	
IIIB	57 (55,9%)	14 (46,4%)	44 (59,5%)	
IIIC	7 (6,9%)	3 (10,7%)	3 (4,1%)	
Défect osseux				1
Oui	34 (33,3%)	9 (32,1%)	25 (33,8%)	(Chi2)
Non	68 (66,7%)	19 (67,9%)	49 (66,2%)	
Localisation				0,421
Cuisse	4 (4%)	0	4 (5,4%)	(Fisher)
Genou	4 (4%)	0	4 (5,4%)	
>1/2 Jambe	12 (11,9%)	5 (17,8%)	7 (9,4%)	
<1/2 Jambe	39 (38,6%)	9 (32,1%)	30 (40,5%)	
Malléoles	14 (13%)	3 (10,7%)	11 (14,8%)	
Dos du pied	10 (9,9%)	3 (10,7%)	7 (9,4%)	
Talon	19 (18,8%)	8 (28,5%)	11 (14,8%)	

Figure 41 : Analyse des caractéristiques de la lésion

c) Les caractéristiques de la reconstruction

Notre analyse n'est pas parvenue à mettre en évidence de différence significative pour les paramètres testés excepté pour la durée d'ischémie ($p=0,006$) et la thrombose du pédicule : immédiate et postopératoire ($p=0,001$).

Il est intéressant de constater que la réalisation du parage initial par l'équipe d'orthopédiste semble avoir une incidence plus importante dans le groupe 2 (réussite du premier lambeau) sans par ailleurs obtenir un seuil significatif (79,7% contre 64,2% ; $p=0,072$).

Il existe une proportion légèrement plus importante de patients qui présentaient une imagerie vasculaire pathologique initialement sur l'examen pré-opératoire dans le groupe 1 (nécrose totale) : 35,4% contre 29,7% ($p=0,412$).

Il faut également noter que bien qu'il existe une légère tendance à la nécrose totale pour les reconstructions différées (B) : 28,6 contre 20,3%, il y a également une proportion plus importante de nécrose totale dans le groupe des reconstructions précoces (A) : 67,9 contre 60,8% ($p=0,116$).

La réalisation d'un lambeau de grand dorsal présente une incidence de nécrose totale plus importante (27% contre 17% des lambeaux), ainsi que la réalisation des anastomoses sur une artère tibiale antérieure (21,4% contre 10,8% ; $p=0,413$). On retrouve également une proportion de réussite plus importante lorsque le lambeau libre était anastomosé sur une veine tibiale postérieure (76,9% contre 32,4% ; $p=0,288$).

Sur le plan anesthésique, les comptes rendus ont permis de retrouver une utilisation d'amines (noradrénaline) sur 8 interventions chirurgicales, on notera que sur l'ensemble des lambeaux qui ont présenté une nécrose totale aucuns n'avaient reçu de noradrénaline en per-opératoire ($p=0,101$).

La durée d'ischémie était significativement plus importante de 45 minutes en moyenne ($p=0,006$) dans le groupe 1.

On retrouve également un taux de thrombose de 69% dans le groupe 1 (Nécrose totale) significativement plus élevé ($p=0,001$), ce qui confirme la cause thrombotique comme première cause de l'échec de notre série. (Cf. Figure 42)

	Total N=102	Groupe 1 (Nécrose totale n=28)	Groupe 2 (Réussite n=74)	P-value
Parage initial				0,072
Orthopédiste	77 (75,5%)	18 (64,2%)	59 (79,7%)	(Fisher)
Plasticien	25 (24,5%)	10 (35,7%)	15 (20,2%)	
Lésion vasc. radio.				0,412
0	70 (68,6%)	18 (64,2%)	52 (70,2%)	(Chi2)
1	32 (31,4%)	10 (35,7%)	22 (29,7%)	
Délai				0,116
A (<15 jours)	23 (22,5%)	8 (28,6%)	15 (20,3%)	(Fisher)
B (15-60 jours)	64 (62,7%)	19 (67,9%)	45 (60,8%)	
C (>60 jours)	15 (14,7%)	1 (3,6%)	14 (18,9%)	
Type de lambeau				0,99
LGD	21 (20,6%)	7 (25%)	14 (18,9%)	(Fisher)
Serratus	37 (36,3%)	10 (35%)	27 (36,5%)	
Serratus+Cote	5 (4,9%)	2 (7,1%)	3 (4,1%)	
LGD+Serratus+cote	2(2%)	0	2 (2,7%)	
FST	10 (9,8%)	3 (10,7%)	7 (9,5%)	
F. Serratus	4 (3,9%)	1 (3,6%)	5 (6,8%)	
Antébrachial	1(1%)	0	1 (1,4%)	
TRAM	16 (15,7%)	4 (13,3%)	12 (16,2%)	
Fibula	6 (5,9%)	1 (3,6%)	5 (6,8%)	
Artère receveuse				0,413
Fémorale P	2 (1,9%)	1 (3,6%)	1 (1,4%)	(Fisher)
Fémorale S	6 (5,8%)	0	6 (8,1%)	
Poplitée	7 (6,8%)	2 (7,1%)	5 (6,8%)	
Pédieuse	7 (6,8%)	2 (7,1%)	5 (6,8%)	
TA	14 (13,7%)	6 (21,4%)	8 (10,8%)	
TP	66 (64,7%)	17 (60,7%)	49 (66,2%)	

Veine receveuse				0,288
Fémorale S	8 (7,8%)	1 (1,5%)	7 (18,9%)	(Fisher)
Poplitée	5 (4,9%)	2 (3,0%)	3 (8,1%)	
TA	14 (13,7%)	6 (9,2%)	8 (21,6%)	
TP	62 (57,9%)	50 (76,9%)	12 (32,4%)	
Fibulaire	1 (0,98%)	1 (1,5%)	0	
Pédieuse	5 (3,9%)	2 (3,0%)	3 (8,1%)	
Saphène	7 (6,8%)	3 (4,6%)	4 (10,8%)	
Pontage				0,302
0	98 (96,1%)	26 (92,9%)	72 (97,3)	(Fisher)
1	4 (3,9%)	2 (7,1%)	2 (2,7%)	
Noradrénaline	N=99			0,101
0	91 (91,9%)	28 (100%)	63 (88,4%)	(Fisher)
1	8 (8,1%)	0	8 (12,5%)	
Durée ischémie				0,006
Moyenne (SD)	103 (58,9)	135,5 (70,78)	91,9 (49,8)	(Wilcoxon)
Médiane	85	120	83	
Q1-Q3	65-110	76,25-189	65-100	
Min-Max	50-360	50-300	50-360	
Durée Opératoire				0,166
Moyenne (SD)	103,3 (58,91)	375,4 (126,9)	336,5 (111,6)	(Wilcoxon)
Médiane	85	348	325	
Q1-Q3	65-110	300-442	240-390	
Min-Max	50-360	180-720	180-600	
Complications				0,248
Peropératoire*				(Chi2)
Oui	58 (56,8%)	19 (67,9%)	39 (52,7%)	
Non	44 (43,1%)	9 (32,1%)	35 (47,3%)	
Thrombose du				0,001
pédicule				(Chi2)
Non	64 (62,7%)	8 (30%)	54 (74,3%)	
Oui	38 (37,2%)	20 (69%)	18 (26%)	

Figure 42 : Analyse des paramètres de la reconstruction
 *(Dissection difficile/Pontage/ Révision anastomotique/ Thrombolyse peropératoire)

d) Analyse des paramètres péri-opératoires sur l'incidence des thromboses

Il nous paraissait intéressant d'analyser dans un second temps les facteurs qui pouvaient s'associer à la survenue de thromboses du pédicule vasculaire du lambeau s'agissant de la cause principale des échecs dans le contexte traumatique. Nous avons donc réalisé une analyse du :

- Groupe T (Thrombose ayant nécessité une reprise) n=38.
- Groupe AT (Absence de thrombose) n=64.

Il est intéressant de remarquer qu'il existe une tendance non significative ($p=0,82$) en faveur de l'absence de complication thrombotique lorsqu'il s'agissait d'une fracture fermée avec souffrance cutanée et exposition secondaire (0% de reprise pour thrombose).

Cette tendance se retrouvait lorsque l'on étudiait les différents types de lésion avec une proportion de thromboses plus faible pour les fractures de type I II IIIA (18,4% contre 29,7%), tandis que ce ratio s'inversait pour des fractures type IIIB (60,5% contre 53,1%) et IIIC (13,2% contre 3,1%) ($p=0,055$).

L'augmentation significative de la durée d'ischémie de 40 min en moyenne ($p<0,001$) et de la durée opératoire de 50 min en moyenne ($p=0,04$) correspond à la traduction technique de la reprise chirurgicale peropératoire pour la réalisation des révisions anastomotiques, d'un changement de site donneur ou la réalisation d'un pontage vasculaire.

On notera également une proportion plus importante (13,2% contre 6,2%) de traumatisme balistique, donc à très haute énergie), dans le groupe T.

Par ailleurs, dans cette étude l'analyse du délai de réalisation des reconstructions nous paraissait important en raison des multiples controverses qui existe sur le sujet depuis la parution des dogmes de **Godina** en 1986. Même si l'analyse n'est pas significative ($p=0,087$), très probablement par manque de puissance, on remarquera une proportion marquée des thromboses (73,7%) lorsque le lambeau était réalisé entre 15 et 60 jours (Délai B : reconstructions différées). (Cf. Figure 43).

	Total N=102	Groupe T (n=38)	Groupe AT (n=64)	P-value
Fracture fermée	N=96			0,082
0	90 (93,5%)	35 (100%)	55 (90,1%)	<i>(Fisher)</i>
1	6 (5,9%)	0	6 (9,8%)	
Type de lésion				0,055
Ex. Secondaire	6 (5,9%)	0	6 (9,4%)	<i>(Fisher)</i>
Tissu Mou	6 (5,9%)	3 (4,7%)	3 (4,7%)	
I II IIIA	26 (25,5%)	7 (18,4%)	19 (29,7%)	
IIIB	57 (55,9%)	23 (60,5%)	34 (53,1%)	
IIIC	7 (6,9%)	5 (13,2%)	2 (3,1%)	
Délai				0,087
A (<15 jours)	23 (22,5%)	8 (21,1%)	15 (23,4%)	<i>(Fisher)</i>
B (15-60 jours)	64 (62,7%)	28 (73,7%)	36 (56,2%)	
C (>60 jours)	15 (14,7%)	2 (5,3%)	13 (20,3%)	
Durée ischémie				<0,001
Moyenne (SD)	103 (58,9)	131 (121,62)	87 (44,23)	<i>(Wilcoxon)</i>
Médiane	85	120	80	
Q1-Q3	65-110	78-170	60-95	
Min-Max	50-360	50-360	50-320	
Durée Opératoire				0,04
Moyenne (SD)	103,3 (58,91)	379,2 (121,6)	328,2 (110,2)	<i>(Wilcoxon)</i>
Médiane	85	360	308,5	
Q1-Q3	65-110	300-447,5	240-388,5	
Min-Max	50-360	220-720	180-600	
Mécanisme				0,405
AVP	46 (45,1%)	15 (39,5%)	31 (48,4%)	<i>(Fisher)</i>
Balistique	9 (8,8%)	5 (13,2%)	4 (6,2%)	
Chute	25 (24,9%)	8 (21,1%)	17 (26,6%)	
Défenestration	1 (1,0%)	1 (1,4%)	0	
Écrasement	21 (20,6%)	9 (23,7%)	12 (18,8%)	

Figure 43 : Analyse secondaire des caractéristiques de la lésion sur l'incidence des thromboses.

e) Synthèse des résultats

Ce tableau synthétise les différents paramètres étudiés, le paramètre inscrit dans les colonnes « Significatif » et « Tendance » correspond au facteur de risque d'échec, ou de thrombose dans le second tableau.

Étude du groupe 1 et 2	Significatif	Tendance	Pas de lien
<u>Paramètres intrinsèques</u>			
Age			+
Sexe		Femme	
Tabac		Non-fumeur	
Diabète			+
Obésité			+
ASA			+
<u>Caractéristiques de la lésion</u>			
Mécanisme		Ecrasement/Défenestration/Balistique	
Type de lésion		IIIC	
Défect osseux			+
Localisation		Talon/ Jambe Prox.	
<u>Paramètres de la reco.</u>			
Parage initial		Plasticien	
Lésion vasculaire Rx.		Lésion présente	
Délai A/B/C		B	
Lambeau		LGD	
Artère receveuse		Tibiale Ant.	
Veine receveuse		Tibiale Post.	
Pontage		Pontage	
Noradrénaline		Pas de Noradrénaline	
Durée opératoire		+40min	
Durée d'ischémie	+45min		
Thrombose du pédicule	oui		
<hr/>			
Étude du groupe T et AT	Significatif	Tendance	Pas de lien
Fracture Ouverte		Oui	
Type de lésion		Exp. 2ndr/ Gustilo IIIA et C	
Mécanisme		Ballistique	
Délai		B	
Durée ischémie	+40min		
Durée opératoire	+50min		

Figure 44 : Synthèse des facteurs étudiés

VI. Discussion

Il existe de nombreuses études évaluant les résultats des lambeaux libres de reconstruction du membre inférieur(37,42,43,128,254,255), mais peu d'entre elles ont fait l'objet d'une analyse spécifique des facteurs péri-opératoires qui influencent le résultat de la reconstruction et encore moins traitent de façon spécifique le contexte post-traumatique(1,135,256).

Notre travail réalise donc l'une des rares séries de reconstruction microchirurgicale post-traumatique des membres inférieurs, même si le caractère rétrospectif du recueil de données entraîne incontestablement une perte d'informations et différents biais.

Dans la littérature spécialisée, certaines études menées en chirurgie plastique pour ce type de reconstruction rapportent un biais dans la mesure ou les données de suivi orthopédique au long terme ne sont pas étudiées. Il existe donc dans les groupes « succès de reconstruction » un taux d'échec de sauvetage du membre difficilement évaluable représenté par des patients qui ont présenté un lambeau de couverture efficace mais une pseudarthrose à distance ou un membre fonctionnellement invalidant nécessitant un geste d'amputation secondaire par les orthopédistes. On peut qualifier cet échec tardif comme étant le plus redoutable car il expose le patient à un long parcours chirurgical qui se traduira finalement par une amputation.

Dans notre série, nous retrouvons un taux d'échec de première reconstruction de 27% et un taux d'échec du sauvetage de membre de 15,6%, il s'agit de valeurs globalement plus élevées que dans la littérature où les taux se situent entre 5-20% pour l'échec de la reconstruction (4,253,257).

Ces différences pourront trouver une explication dans l'absence d'organisation au CHU de Nantes d'une filière ortho-plastique dédiée à la reconstruction des membres, avec des recrutements tardifs des patients notamment adressé par des centres de périphérie. L'absence de développement de cette filière limite la possibilité de sécuriser la prise en charge et la réussite des reconstructions.

Par ailleurs la définition de l'échec ou nécrose totale d'un lambeau était souvent définie à postériori lorsque la mention précise n'était pas retrouvée dans le dossier. Il s'agissait d'un biais de recueil lié au caractère rétrospectif de cette étude en lien avec la perte d'informations.

Les informations recueillies étaient donc définies dans l'optique d'une évolution défavorable, ainsi la perte totale d'un lambeau pouvait facilement être caractérisée pour un patient qui nécessitait dans les suites une reconstruction secondaire (greffe/VAC/Lambeau local), qui aurait pu se définir comme étant des nécroses partielles.

En retirant les gestes de reconstruction secondaire simple le taux d'échec du premier lambeau pourrait être proche de 18% après le retrait des reconstructions secondaires simples à type de greffe cutané.

L'objectif final de ce travail de recherche, à travers la discussion de nos résultats vis-à-vis des données de la littérature est de proposer un protocole dédié à la prise en charge des pertes de substances des patients traumatisés des membres inférieurs pour faciliter la mise en place d'une filière ortho-plastique.

1. ANTICIPER LES ECHECS PAR LA GESTION DES FACTEURS DE RISQUE

1. La sélection des patients

a) L'âge :

Il est clairement établi que l'âge des patients n'est pas un facteur de risque d'échec indépendant des lambeaux mais qu'il existe un risque de complication médicale en lien avec l'augmentation des comorbidités.

La faible proportion de patients âgés dans notre étude (seulement un patient de plus de 75 ans) est liée à la diminution de l'incidence des fractures à haute énergie à partir de 60 ans (47) auquel pourrait s'associer une volonté du service de sélection chez les patients jugés trop « âgés » pour de la microchirurgie.

L'âge ne doit pas être un facteur limitant mais doit faire l'objet d'une consultation anesthésique gériatrique permettant de dépister les comorbidités pouvant favoriser la survenue de complications médicales (HTA, dénutrition, maladie athéromateuse...)

pour permettre d'affiner le risque chirurgical et prévenir la survenue des complications médicales post-opératoires.

Au même titre, le calcul du score ASA évaluant le risque de complications médicales post-opératoire doit, lorsqu'il est supérieur ou égal à 3, intervenir dans la discussion de la stratégie chirurgicale et permettre de mesurer la balance bénéfice risque pour le patient.

b) Le sexe :

La tendance non significative retrouvée dans notre série en faveur d'une association entre le sexe féminin et l'échec est probablement lié à l'incidence plus élevée de fracture Gustilo IIIB dans notre population féminine (70% contre 52,4% dans la population masculine), et à une prise en charge plus souvent différée (Délai B : 75% des reconstructions contre 59% dans la population masculine). Dans la littérature une étude rétrospective à propos de 393 lambeaux libres de reconstruction de membre inférieur concluait que le genre n'est pas un facteur de risque indépendant d'échec(258).

c) Diabète et AOMI :

La présence de ces pathologies notamment l'AOMI était faiblement représentée dans la population de notre étude (4,9% de formes asymptomatiques : stade I), ce qui semble correspondre aux résultats des analyses radiologiques qui retrouvait notamment 5 patients qui présentaient une infiltration de la paroi artérielle sans sténose significative.

La prévalence de cette pathologie en France est de 10 à 20% après 55 ans(259) et souvent associée à une atteinte cardiaque (dans 50% des cas) ou neurologique (dans 20% des cas), il y a probablement une sélection importante parmi les patients à haut risque vasculaire, en raison de la difficulté technique chirurgicale associée au risque d'échec voire d'ischémie aiguë de membre inférieur pour les formes graves auquel s'ajoute un risque anesthésique supérieur à la population générale. Le dépistage clinique associé à l'imagerie systématique des axes vasculaires du membre inférieur doit permettre au chirurgien d'évaluer la stratégie de branchement vasculaire sous réserve d'un risque anesthésique acceptable.

Contrairement aux données de la littérature, notamment la série de *Las et al.* qui mettait en évidence un risque d'échec de lambeau libre pour la reconstruction du membre inférieur, notre série ne semble pas suivre cette tendance(129,260). Il est probable que les formes à risque soient souvent associées à la présence d'une artériopathie athéromateuse, qui sont exclues lors de la sélection préopératoire. Le diabète nécessitera un équilibre glycémique préopératoire stricte pouvant nécessiter l'avis d'un endocrinologue

d) Tabac

Il est intéressant de constater que la proportion des patients tabagiques est plus importante dans le groupe 2 (Réussite de la première reconstruction) que dans le groupe 1 (nécrose totale), dans cette série le tabac ne semble pas être un facteur de risque d'échec (47% contre 35%).

Ces résultats sont conformes aux données de la littérature, ils traduisent les mesures strictes de sevrage imposées par le service en péri-opératoire ce qui permet de limiter l'effet vasoconstricteur nicotinique (vasospasme) associé à une sélection plus rigoureuse des candidats parmi les patients tabagiques notamment sur la maladie athéromateuse du membre inférieur.

Cela peut expliquer en partie une très faible proportion de patients AOMI dans notre étude. Même si la causalité entre le tabac et échec de la microchirurgie n'est pas prouvée, il est impératif d'obtenir le sevrage complet du tabac qui permettra d'obtenir une cicatrisation ainsi qu'une consolidation osseuse, et de diminuer le risque septique et donc de pseudarthrose qui sera la première cause d'échec non microchirurgicale à distance.

Afin de réaliser un sevrage durable et obtenir l'adhésion du patient, il faudra faire l'information sur le rôle majeur du tabac dans le résultat de la reconstruction et réaliser au besoin une consultation d'addictologie. Une aide médicamenteuse sera mise en place avec un traitement substitutif nicotinique qui devra être stoppé 24h avant le lambeau et en postopératoire (au moins 15 jours).

e) L'obésité :

L'absence de causalité entre l'IMC supérieur à 30 et le risque d'échec dans notre étude correspond aux résultats de la littérature pour la reconstruction du membre inférieur. Même si la difficulté technique d'un patient en surpoids est à prendre en compte pour le choix du lambeau notamment en cas de prélèvement d'une palette cutanée, ainsi que pour l'installation per-opératoire. L'obésité s'associe à un risque accru de complications médicales en lien direct avec la pathologie mais également aux comorbidités qui peuvent s'y associer (diabète, HTA...) devant faire l'objet d'une stabilisation stricte en préopératoire.

Il ne faut pas oublier que la prise en charge d'une reconstruction par lambeau libre est un processus long, auquel s'associeront des antibiotiques, une diminution de la mobilité pouvant s'associer à une dénutrition qu'il ne faudra pas sous évaluer chez un patient en surpoids.

2. La stratégie chirurgicale

a) Le mécanisme lésionnel :

Il n'est pas surprenant de voir que les lésions à type d'écrasement puissent être associé à un taux d'échec important en raison de l'importance des dommages tissulaires qu'engendrent ces lésions. La présence dans les suites du traumatisme d'une inflammation locale en lien avec des nécroses tissulaires extensives aux limites peu évidentes seront une cause probable de PTVD, et ainsi d'une susceptibilité accrue à la thrombose vasculaire du site receveur.

Depuis Godina et l'introduction du concept de « zone of injury » pouvant s'étendre à 10cm de la plaie, l'opérateur doit adopter une stratégie d'anastomose en zone saine (37,63,139).

Il convient de réaliser les anastomoses à distance de la fracture mais aussi des lésions tissulaires voir au besoin de réaliser un pontage vasculaire afin de s'affranchir du risque inflammatoire et thrombotique local lié à la fibrose extensive des pédicules vasculaires receveurs.

b) La localisation et le type de lésion :

Ces paramètres vont directement définir le choix du lambeau qui devra s'adapter aux objectifs de la reconstruction.

Dans notre série certains paramètres tels que les fractures Gustilo IIIC, l'atteinte du talon, de la partie proximale de la jambe, les patients qui présentaient une imagerie vasculaire préopératoire pathologique sont plus représentés dans le groupe 1 (nécrose totale), ils sont les marqueurs d'un traumatisme à très haute énergie.

Il est d'autant plus intéressant de constater qu'il existe un taux plus important de reprise opératoire pour une thrombose du pédicule vasculaire pour les traumatismes balistiques, les Gustilo IIIC, les écrasements, tandis qu'il n'a jamais été retrouvé de reprise pour thrombose dans le groupe des fractures à foyer fermé.

L'ensemble de ces données est en faveur d'une association importante entre la violence du traumatisme et l'importance de la « zone of injury », auxquels s'associent les lésions de « PTVD » qui pourront favoriser la survenue de thrombose et donc indirectement être l'une des principales causes d'échec des lambeaux libres de reconstruction.

c) Le parage initial :

La réussite du sauvetage de membre est conditionnée par la réussite du lambeau en l'absence de complication infectieuses précoce et tardive. En raison du mécanisme traumatique, l'exposition importante à des germes telluriques et l'absence de couverture immédiate du foyer de fracture, le risque septique est prédominant.

Le parage initial doit être agressif, « pseudo-carcinologique » et réalisé au détriment de la reconstruction secondaire afin de permettre d'éliminer l'ensemble des tissus détruits qui souffriront d'une nécrose secondaire et feront le lit de l'infection.

On observe dans notre série que le parage initial était plus fréquemment réalisé par les orthopédistes (75,5%) ce qui traduit une prise en charge initiale par le chirurgien

traumatologue, ainsi qu'une surreprésentation dans le groupe des échecs du parage initial par un chirurgien plasticien (35% contre 20%) sans pour autant être significatif ($p=0,072$).

La réalisation d'un parage par l'orthopédiste, habitué à la prise en charge initiale des traumatismes des membres, est probablement plus extensif notamment au niveau osseux que celui d'un plasticien mais cela peut également s'expliquer par le recrutement différent de ce type de malade.

En effet, les patients qui bénéficieront d'un parage initial par le chirurgien plasticien traduisent en réalité le recrutement extérieur depuis un centre qui ne bénéficie pas de l'expérience d'une équipe de reconstruction. Il s'agit de patients souvent pris en charge à distance, avec des fractures ouvertes type Gustilo I, II, II ou avec une exposition secondaire et une problématique infectieuse associée. Dans cette situation, le chirurgien plasticien est alors sollicité en « secondaire » sur une perte de substance déjà contaminée depuis plus de temps qu'un patient pris en charge en « primaire » par l'équipe de traumatologie.

La mise en place d'un staff pluridisciplinaire en visio-conférence pourrait permettre la discussion des cas extérieurs difficiles et permettre de réguler les prises en charges délicates. Le transfert immédiat après le parage initial et la stabilisation des fractures par fixateur devrait se discuter au cas par cas avec l'équipe orthopédique et plastique d'astreinte pour les fractures de type Gustilo III afin de permettre une prise en charge précoce et multidisciplinaire.

d) Le délai :

Dans notre série, il n'y avait pas d'association significative entre le délai de la prise en charge et le taux d'échec qu'on pourrait probablement imputer au manque de puissance de notre étude.

Il est toutefois intéressant de constater qu'il y avait plus de thromboses identifiées lorsque la prise en charge était différée entre 15 et 60 jours (groupe de reconstruction différée). Ces résultats renforcent les concepts de Godina, avec l'apparition d'une inflammation majeure au niveau de la « zone of injury » dans les jours qui succèdent le traumatisme.

Dans notre expérience Nantaise, une majorité des reconstructions ont lieu dans un délai compris entre 15 et 60 jours (62%), ce qui peut s'expliquer notamment par l'importance du recrutement extérieur (hors CHU) mais également par un manque de développement de notre filière de reconstruction permettant une prise en charge plus rapide.

La littérature nous permet d'avancer raisonnablement qu'une prise en charge précoce est favorable à la réalisation d'un lambeau en terme de réussite microchirurgicale, de diminution des complications infectieuses post-opératoires, de diminution des complications chirurgicales générales(39).

La réalisation d'une chirurgie en « urgence » dans les 72h est difficilement envisageable dans notre unité car celle-ci nécessite la création d'une deuxième ligne d'astreinte microchirurgicale et la disponibilité d'un plateau technique chirurgical sur une intervention longue avec une équipe paramédicale et anesthésique compétente en microchirurgie.

Actuellement, les chirurgiens orthopédistes de notre centre favorisent l'enclouage centromédullaire des fractures ouvertes dans un délai de 15 jours maximum permettant une fixation définitive et plus stable, ce qui nous permettrait donc d'établir le protocole de couverture et d'ostéosynthèse inférieur à 15 jours. (*cf Protocole et filière*)

La plaie sera couverte pendant cette durée par une TPN qui aura le double avantage de pouvoir être réalisée tous les 4 à 5 jours sans augmenter le risque infectieux (88,167). Par ailleurs sa réalisation aura le plus souvent lieu au bloc opératoire en raison de la problématique algique ce qui permettra sa réalisation par un chirurgien et permettra des gestes de parages complémentaires.

En conclusion, un délai aux alentours de quinze jours après l'accident nous permettra d'assurer un parage convenable initialement (par l'équipe d'orthopédie) puis lors des changements de TPN, une organisation d'un geste de couverture en léger différé, la possibilité d'une ostéosynthèse interne correcte d'un point de vue orthopédique et traumatologique. Un délai plus important nous expose à des complications infectieuses, orthopédiques et d'échec de reconstruction par lambeau libre.

e) **Le choix du lambeau :**

Le choix du lambeau dépend des caractéristiques de la perte de substance à reconstruire. Il faudra adapter le choix et le prélèvement du lambeau à la taille et la nature de la perte de substance, la longueur du pédicule vasculaire. Il n'existe pas de preuves qui favorisent l'utilisation d'un certain type de lambeau (musculaire, perforants) dans le cas de la reconstruction des membres dans le contexte traumatique, les lambeaux perforants permettent une sécurité de couverture identique et ne sont pas reliés à la survenue de plus de thromboses, d'échecs, d'infections postopératoires que les lambeaux musculaires(261)(262)(263).

Il est intéressant de considérer en revanche que la réalisation de lambeaux perforants sera moins séquelle au niveau du site de prélèvement, que l'autonomisation vasculaire facilitera la réalisation des gestes orthopédiques ultérieurs en permettant de « resoulever » le lambeau et permettra dans certaines indications une finesse plus importante notamment en zone de chaussage.

La place des lambeaux musculaire doit être conservée car ils permettront la réalisation d'une couverture très importante qui dépasse les limites des lambeaux perforants, d'autant plus quand la perte de substance sera aussi longue que large (*Latissimus Dorsi* : 20-40cm de possibilité de couverture).

Le choix du lambeau témoigne également de la pratique et des habitudes du chirurgien, il a été démontré dans certaines études que l'expérience microchirurgicale de l'opérateur aura une influence sur la réussite du lambeau(129,260).

Dans notre série le lambeau de grand dorsal était associé à plus d'échec (27,6% contre 17,8%), ce qui ne traduit pas le manque de fiabilité de ce lambeau mais plutôt son utilisation pour des traumatismes étendus et donc des lésions tissulaires et vasculaires majorées, responsables d'une inflammation pro-thrombogène responsable d'échec de lambeaux. En pratique dans notre unité, le lambeau le plus fréquemment réalisé pour les pertes de substances traumatiques est le Serratus anterior, il ne permet de couvrir qu'une perte de substance limitée à la différence du lambeau de grand dorsal qui sera employé pour des délabrements plus étendus. La

couverture cutanée est réalisée dans un second temps (5-7 jours), permettant une surveillance du lambeau à sa phase initiale.

f) Les vaisseaux receveurs :

Il est impératif de s'anastomoser à distance de la zone lésionnelle, si besoin le recours à des anastomoses distales est également envisageable à condition de s'assurer au préalable d'un flux vasculaire (artériel et veineux) au niveau du pédicule sélectionné(221). La réalisation d'un pontage vasculaire avec le prélèvement d'un greffon saphène interne est également acceptable même s'il est associé à un risque d'échec plus important(139), mais il s'agit parfois de l'unique recours.

Il était intéressant de constater qu'il existait dans notre série une tendance plus importante à la nécrose totale lorsque l'artère receveuse était la tibiale antérieure, il peut s'agir de la traduction lésionnelle du traumatisme au niveau de cette artère anatomiquement plus exposée (superficialisation au cou-de-pied, fracture tibiale plus fréquente avec lésion vasculaire de continuité). L'artère tibiale postérieure étant protégée derrière la malléole et entourée d'un contingent fibreux. Son abord est facilité dans l'espace entre les loges musculaires postérieures à la différence de l'artère tibiale antérieure difficilement accessible à la partie supérieure de la jambe.

Le type d'anastomose n'était pas associé à un risque d'échec particulier et une anastomose termino-latérale était réalisée lorsque cela était possible et afin de s'affranchir d'une incongruence de calibre vasculaire. Les anastomoses en termino-terminales étaient systématiques pour les anastomoses veineuses et l'indication artérielle se discutait en peropératoire en cas d'interruption du flux distal ou lorsque l'artère présentait les signes d'une altération importante (fibrose, friabilité, athérome).

En pratique, il faut réaliser tant que possible une anastomose en termino-latérale car elle n'est pas associée à un risque supplémentaire de thrombose du pédicule, et permet de conserver un flux distal pour l'extrémité du membre inférieur, la réalisation d'un montage en T lorsque la dissection du pédicule du lambeau le permet conserve le flux distal et en cas de thrombose d'une des anastomoses il y aura un relais dans le sens antérograde ou rétrograde(264).

L'évaluation de la réalisation d'une double anastomose veineuse n'a pas été réalisée dans cette étude car nous n'en avons pas la pratique dans notre unité mais au vu des données de la littérature (224) et du développement de l'utilisation de lambeaux perforants parfois de très grande taille, la réalisation d'une seconde anastomose veineuse sur le même pédicule receveur ou avec une veine superficielle voir la réalisation d'un « *supercharging* » (anastomose d'une deuxième veine superficielle du lambeau) doit se discuter afin de soulager le risque d'insuffisance veineuse.

Nous n'avons pas l'expérience de l'utilisation des systèmes de Coupler dans le service, bien que son usage soit corrélé à des taux de survies identiques (265,266) et qu'il est important de se former à l'utilisation de nouvelles technologies, l'utilisation d'un tel système en centre universitaire n'est que peu compatible avec un réel perfectionnement technique en microchirurgie et ferait diminuer la pratique microchirurgicale.

g) L'utilisation de la noradrénaline

Nous rapportons l'utilisation de noradrénaline dans 8,1% des interventions, on remarque dans cette étude qu'aucun des lambeaux ayant présenté une nécrose totale n'avait reçu de noradrénaline pendant l'intervention. La méthodologie de notre étude (rétrospective, non comparative avec le remplissage, sans analyse associée de la pression artérielle moyenne) ne permet pas de dire que la noradrénaline pourrait être un facteur protecteur au cours de la microchirurgie mais ces résultats tendent à confirmer les données existantes de la littérature (190).

Il convient donc au cours de l'intervention et en postopératoire d'obtenir une tension artérielle moyenne >65mmHg, il sera cohérent de favoriser la régulation de la pression par l'utilisation de noradrénaline plutôt que de réaliser un remplissage intensif qui pourra être délétère (*œdème, hypothermie, trouble métabolique et de la coagulation*).

h) Durée d'ischémie

La durée d'ischémie était significativement plus importante dans le groupe 1 (Nécrose totale), il s'agit de la traduction immédiate des complications microchirurgicales qui surviennent pendant l'intervention (thrombose avec révision des anastomoses, pontage vasculaire, changement de site). Il faudrait réaliser une analyse multivariée afin d'évaluer la durée d'ischémie comme facteur de risque indépendant afin d'évaluer son influence directe sur l'incidence des échecs, mais l'effectif de notre étude ne permettait pas la puissance suffisante afin d'obtenir des résultats pertinents.

3. Protocole et filière

A partir des résultats de cette étude, il nous paraissait intéressant de déterminer un protocole de prise en charge des traumatismes graves du membre inférieur et de développer la filière ortho-plastique. (*cf Figure 44*)

En développant la systématisation du recrutement des traumatisés du membre inférieur, nous pouvons faciliter et sécuriser la prise en charge complexe de ces patients qui nécessitent une attitude pluridisciplinaire (orthopédique, plastique et infectiologie).

Le recrutement interne doit se faire de façon standardisée, chaque patient présentant *une fracture Gustilo III*, un *écrasement*, un *délabrement important* (pas de fracture), une *exposition du matériel de synthèse* doit faire l'objet d'une présentation entre le senior de garde de traumatologie et le senior d'astreinte de chirurgie plastique.

Il pourrait également être intéressant de fluidifier la prise en charge des patients hors CHU pour faciliter le transfert afin qu'ils puissent bénéficier de l'expertise ortho-plastique de reconstruction et bénéficier d'un éventuel lambeau libre dans un délai inférieur à 15 jours.

La réalisation du premier temps chirurgical devrait pouvoir se réaliser avec un chirurgien plastique pour la réalisation du parage et pour discuter de la stabilisation du foyer de fracture. En effet le choix du positionnement du fixateur externe pourra avoir un retentissement sur la stratégie de couverture avec un risque technique

notamment en cas de positionnement des fiches pouvant compromettre la vascularisation de certains lambeaux locaux.

La réalisation du « damage controle » en double équipe doit s'accompagner d'une couverture antibioprohylactique par Augmentin IV à débiter moins de 3 heures après le traumatisme. Un avis infectieux est impératif pour discuter d'une couverture prolongée (>48h) dans l'attente du geste de couverture et inclure le patient dans la RCP infection-ostéo-articulaire (IOA).

En pratique il convient de ne pas prescrire d'antibiothérapie jusqu'au geste de couverture et de mettre en place une antibiothérapie probabiliste par Tazocilline + Linézolide (Zyvoxid) en peropératoire lorsque les prélèvements bactériologiques sont réalisés, ils seront secondairement adaptés après discussion à la RCP infectiologie ostéo-articulaire.

Après la stabilisation et le contrôle infectieux, la réalisation des premiers pansements devra être faite au bloc opératoire sous le contrôle d'un chirurgien afin de réaliser des parages complémentaires et permettre la réalisation de pansement TPN (thérapie à pression négative) dans des conditions d'installation et de contrôle de la douleur optimale.

La phase de gestion des pansements va permettre la réalisation de la stratégie de la reconstruction qui se définira par :

- L'évaluation du terrain du malade (Évaluation anesthésique, comorbidités, nutritionnelle, +/- gériatrique > 75 ans).
- La définition des objectifs de la reconstruction
- L'évaluation de la motivation du patient et de son devenir, de son entourage social.
- Le bilan d'imagerie vasculaire et osseux qui permettra de définir la localisation des anastomoses.
- La programmation chirurgicale (double équipe, une vacation opératoire complète, matériel de microchirurgie, disponibilité d'un deuxième microchirurgien).
- Une RCP ortho-plastique-infectieuse pour définir la stratégie définitive et l'antibiothérapie post-opératoire.

Le geste de couverture sera assuré en double équipe (ortho-plastique), pour la révision du fixateur externe ou la stabilisation définitive par enclouage centromédullaire si le délai est respecté (<15 jours).

La surveillance postopératoire doit par ailleurs être rigoureuse et doit être assurée par des équipes dédiées formées à la surveillance du lambeau :

- Paramètres cliniques : couleur / temps de recoloration / chaleur / Saignement
- Doppler acoustique

Et aux mesures d'accompagnement du lambeau :

- Gestion d'une hirudothérapie ou saignées en cas de congestion veineuse
- Maintien du membre surélevé
- Réchauffage du lambeau
- Gestion du pansement avec la réalisation d'une fenêtre d'observation
- Réalisation d'une attelle thermoformée non compressive

En pratique, les lambeaux seront surveillés dans une USC (unité de soins continus) pendant les 24 premières heures car la disponibilité des équipes d'un service de chirurgie conventionnelle ne permet pas la réalisation d'une surveillance horaire.

Dans les suites le patient devra poursuivre son hospitalisation dans des lits étiquetés ortho-plastique dans le service d'orthopédie infectieuse ou en chirurgie plastique auprès d'une équipe formée à la surveillance.

Une immobilisation du lambeau et un repos strict au lit d'au moins 5 jours avec le membre surélevé pour faciliter le drainage veineux et diminuer l'œdème, une attelle thermoformée devra être réalisé si possible en présence d'un chirurgien plasticien.

L'hospitalisation dans un service de chirurgie ne doit théoriquement pas dépasser les 15 jours post-opératoires après avoir défini la prise en charge infectieuse et les modalités de suivi en consultation ortho-plastique afin de contrôler régulièrement la cicatrisation du lambeau et la consolidation osseuse. Le patient doit alors bénéficier strictement d'un transfert en service de médecine et réadaptation afin de préparer son retour à domicile.

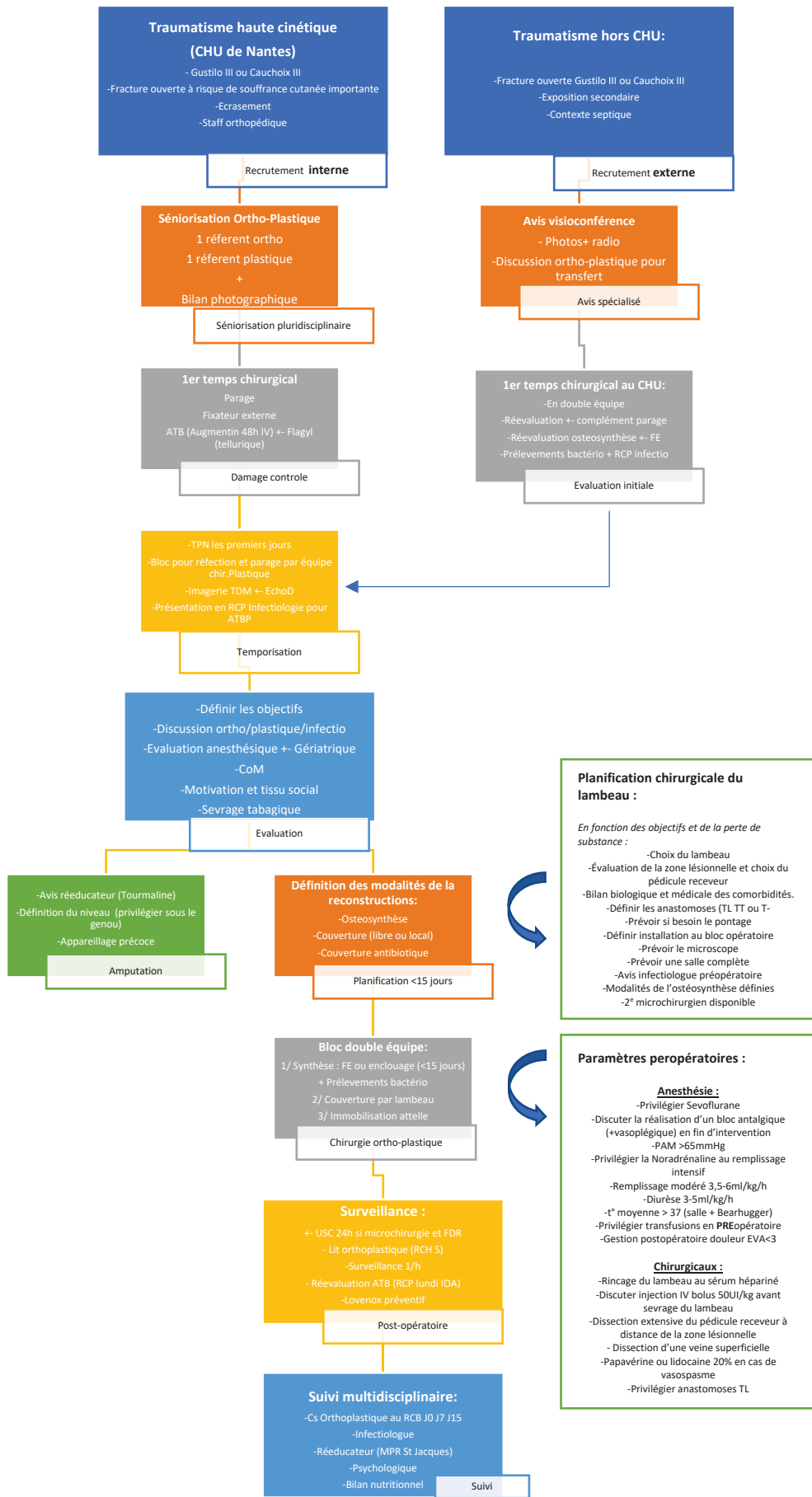


Figure 44 : Algorithme de la prise en charge dans la filière ortho-plastique

VII. Conclusion

Aujourd'hui avec les évolutions de la microchirurgie, de l'orthopédie et de l'infectiologie, le développement d'une filière organisée pour la reconstruction de membre inférieur est un impératif pour chaque centre d'excellence en traumatologie.

Dans un domaine où le taux d'échec reste encore élevé, la maîtrise de l'ensemble des facteurs péri-opératoires basée sur la revue de la littérature et l'ensemble des données de notre étude rétrospective nous permet de définir précisément les axes d'amélioration et l'ensemble des mesures nécessaires à la réalisation d'un protocole pour la prise en charge des traumatismes graves du membre inférieur.

Il apparaît dans notre étude qu'une prise en charge précoce (dans un délai inférieur à 15 jours) pourrait permettre de diminuer l'incidence des thromboses du pédicule vasculaire au niveau du site receveur et potentiellement améliorer la survie des lambeaux libres de reconstructions. Par ailleurs une prise en charge précoce pourrait permettre de s'affranchir des complications infectieuses post-opératoires qui sont responsables des échecs tardifs de reconstruction.

Il est nécessaire de poursuivre l'inclusion des patients de cette étude afin d'obtenir la puissance significative qui pourrait nous permettre de conclure sur ces différents points. Une évaluation prospective de ces différentes données est en cours depuis 3 ans et nous permettra, à terme, de définir précisément les critères de prise en charge permettant de maximiser la réussite des couvertures de pertes de substances traumatiques des membres inférieurs par lambeau libre.

VIII. Bibliographie

1. Hammert WC, Minarchek J, Trzeciak MA. Free-flap reconstruction of traumatic lower extremity wounds. *Am J Orthop Belle Mead NJ*. sept 2000;29(9 Suppl):22-6.
2. Tsai TM, Bennett DL, Pederson WC, Matiko J. Complications and vascular salvage of free-tissue transfers to the extremities. *Plast Reconstr Surg*. déc 1988;82(6):1022-6.
3. Khouri RK, Shaw WW. Reconstruction of the lower extremity with microvascular free flaps: a 10-year experience with 304 consecutive cases. *J Trauma*. août 1989;29(8):1086-94.
4. Bellidenty L, Chastel R, Pluvy I, Pauchot J, Tropet Y. Reconstruction des pertes de substance de membres inférieurs par lambeau libre en urgence. À propos de 35ans d'expérience. *Ann Chir Plast Esthét*. 1 févr 2014;59(1):35-41.
5. Wagels M, Rowe D, Senewiratne S, Theile DR. History of lower limb reconstruction after trauma. *ANZ J Surg*. 2013;83(5):348-53.
6. Kirkup JR. *A History of Limb Amputation*. Springer; 2007. 191 p.
7. Aldea PA, Shaw WW. The evolution of the surgical management of severe lower extremity trauma. *Clin Plast Surg*. oct 1986;13(4):549-69.
8. Haury B, Rodeheaver G, Vensko J, Edgerton MT, Edlich RF. Debridement: an essential component of traumatic wound care. *Am J Surg*. févr 1978;135(2):238-42.
9. Louis Pasteur. In: Wikipédia [Internet]. 2021 [cité 8 avr 2021]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Louis_Pasteur&oldid=181293586
10. Lister J. On the Antiseptic Principle in the Practice of Surgery. *Br Med J*. 21 sept 1867;2(351):246-8.
11. Worboys M. Joseph Lister and the performance of antiseptic surgery. *Notes Rec R Soc*. 20 sept 2013;67(3):199-209.
12. Zaffiri L, Gardner J, Toledo-Pereyra LH. History of Antibiotics. From Salvarsan to Cephalosporins. *J Invest Surg*. 22 mars 2012;25(2):67-77.
13. Hernigou P. Plaster of Paris: the orthopaedic surgeon heritage. *Int Orthop*. 1 août 2016;40(8):1767-79.
14. Schwechter EM, Swan KG. Raoul Hoffmann and his external fixator. *J Bone Joint Surg Am*. mars 2007;89(3):672-8.
15. Hernigou P. History of external fixation for treatment of fractures. *Int Orthop*. 1 avr 2017;41(4):845-53.
16. Miclau T, Martin RE. The evolution of modern plate osteosynthesis. *Injury*. 1 janv 1997;28:A3-6.
17. Baux GS, Fischer E, McCarthy JG. Frank Hastings Hamilton: a pioneer American plastic surgeon. *Plast Reconstr Surg*. oct 2004;114(5):1240-7.
18. Hamilton D. 1 - Alexis Carrel and the early days of tissue transplantation. *Transplant Rev*. 1 janv 1988;2:1-15.
19. Harrison LH. Historical aspects in the development of venous autografts. *Ann Surg*. févr 1976;183(2):101-6.
20. Nysten CO. The microscope in aural surgery, its first use and later development. *Acta Oto-Laryngol Suppl*. 1954;116:226-40.
21. Jh J, El S-M. Microsurgery in anastomosis of small vessels. undefined [Internet]. 1960 [cité 31 mai 2021]; Disponible sur: /paper/Microsurgery-in-anastomosis-of-small-vessels.-Jh-El/f4a18736839fa506d9d0831fd7eacb7dfd04bef0
22. Malt RA, Mckhann C. REPLANTATION OF SEVERED ARMS. *JAMA*. 7 sept 1964;189:716-22.
23. Buncke HJ. Microsurgery—Retrospective. *Clin Plast Surg*. 1 avr 1986;13(2):315-8.
24. Buncke HJ, Schulz WP. Total ear reimplantation in the rabbit utilising microminiature

- vascular anastomoses. *Br J Plast Surg.* 1 janv 1966;19:15-22.
25. Komatsu S, Tamai S. SUCCESSFUL REPLANTATION OF A COMPLETELY CUT-OFF THUMB. *Plast Reconstr Surg.* oct 1968;42(4):374-7.
 26. Daniel RK, Taylor GI. Distant transfer of an island flap by microvascular anastomoses. A clinical technique. *Plast Reconstr Surg.* août 1973;52(2):111-7.
 27. Taylor GI, Daniel RK. The free flap: composite tissue transfer by vascular anastomosis. *Aust N Z J Surg.* juill 1973;43(1):1-3.
 28. Aciduman A, Belen D. The earliest document regarding the history of cranioplasty from the Ottoman era. *Surg Neurol.* 1 sept 2007;68(3):349-52.
 29. Ollier L, Ollier L. *Traité expérimental et clinique de la régénération des os et de la production artificielle du tissu osseux.* Victor Masson et fils; 1867. 546 p.
 30. de Boer HH. The history of bone grafts. *Clin Orthop.* janv 1988;(226):292-8.
 31. Donati D, Zolezzi C, Tomba P, Viganò A. Bone grafting: historical and conceptual review, starting with an old manuscript by Vittorio Putti. *Acta Orthop.* 1 janv 2007;78(1):19-25.
 32. Taylor GI, Miller GD, Ham FJ. The free vascularized bone graft. A clinical extension of microvascular techniques. *Plast Reconstr Surg.* mai 1975;55(5):533-44.
 33. Mora Herrera LG. Case 24: Ilizarov Method Extremity Solution for Severe Damage. Obtain Bone and Soft Tissues Stability. In: Rozbruch SR, Hamdy R c., éditeurs. *Limb Lengthening and Reconstruction Surgery Case Atlas: Trauma • Foot and Ankle* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2015 [cité 9 avr 2021]. p. 169-75. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-319-18026-7_157
 34. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am.* juin 1976;58(4):453-8.
 35. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma.* août 1984;24(8):742-6.
 36. Byrd HS, Spicer TE, Cierney G. Management of open tibial fractures. *Plast Reconstr Surg.* nov 1985;76(5):719-30.
 37. Godina M. Early microsurgical reconstruction of complex trauma of the extremities. *Plast Reconstr Surg.* sept 1986;78(3):285-92.
 38. Papakostidis C, Kanakaris NK, Pretel J, Faour O, Morell DJ, Giannoudis PV. Prevalence of complications of open tibial shaft fractures stratified as per the Gustilo-Anderson classification. *Injury.* déc 2011;42(12):1408-15.
 39. Haykal S, Roy M, Patel A. Meta-analysis of Timing for Microsurgical Free-Flap Reconstruction for Lower Limb Injury: Evaluation of the Godina Principles. *J Reconstr Microsurg.* mai 2018;34(4):277-92.
 40. Bonanni F, Rhodes M, Lucke JF. The futility of predictive scoring of mangled lower extremities. *J Trauma.* janv 1993;34(1):99-104.
 41. Busse JW, Jacobs CL, Swiontkowski MF, Bosse MJ, Bhandari M, Group on behalf of the E-BOTW. Complex Limb Salvage or Early Amputation for Severe Lower-Limb Injury: A Meta-Analysis of Observational Studies. *J Orthop Trauma.* janv 2007;21(1):70-6.
 42. Wink JD, Nelson JA, Fischer JP, Cleveland EC, Kovach SJ. Free tissue transfer for complex reconstruction of the lower extremity: experience of a young microsurgeon. *J Reconstr Microsurg.* juin 2014;30(5):349-58.
 43. Starnes-Roubaud MJ, Peric M, Chowdry F, Nguyen JT, Schooler W, Sherman R, et al. Microsurgical Lower Extremity Reconstruction in the Subacute Period: A Safe Alternative. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* juill 2015;3(7):e449.
 44. Basheer MH, Wilson SM, Lewis H, Herbert K. Microvascular free tissue transfer in

- reconstruction of the lower limb. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg JPRAS*. 2008;61(5):525-8.
45. Court-Brown CM, Rimmer S, Prakash U, McQueen MM. The epidemiology of open long bone fractures. *Injury*. sept 1998;29(7):529-34.
 46. Évolution de la population – Bilan démographique 2020 | Insee [Internet]. [cité 12 août 2021]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5007690?sommaire=5007726#titre-bloc-11>
 47. Weiss RJ, Montgomery SM, Ehlin A, Al Dabbagh Z, Stark A, Jansson K-A. Decreasing incidence of tibial shaft fractures between 1998 and 2004: information based on 10,627 Swedish inpatients. *Acta Orthop*. août 2008;79(4):526-33.
 48. Weiss RJ. Decreasing incidence of tibial shaft fractures between 1998 and 2004 : Information based on 10,627 Swedish inpatients. *Acta Orthop* 2008;79:526-33 - Recherche Google [Internet]. [cité 10 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.google.com/search?q=Weiss+RJ.+Decreasing+incidence+of+tibial+shaft+fractures+between+1998+and+2004+%3A+Information+based+on+10%2C627+Swedish+inpatients.+Acta+Orthop+2008%3B79%3A526-33&oq=Weiss+RJ.+Decreasing+incidence+of+tibial+shaft+fractures+between+1998+and+2004+%3A+Information+based+on+10%2C627+Swedish+inpatients.+Acta+Orthop+2008%3B79%3A526-33&aqs=chrome..69i57.327j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
 49. Singer BR, McLauchlan GJ, Robinson CM, Christie J. Epidemiology of fractures in 15,000 adults: the influence of age and gender. *J Bone Joint Surg Br*. mars 1998;80(2):243-8.
 50. Papakostidis C, Kanakaris NK, Pretel J, Faour O, Morell DJ, Giannoudis PV. Prevalence of complications of open tibial shaft fractures stratified as per the Gustilo–Anderson classification. *Injury*. 1 déc 2011;42(12):1408-15.
 51. Netter FH, CO JS&. Atlas d’anatomie humaine. Elsevier Health Sciences; 2019. 666 p.
 52. Koshima I, Nanba Y, Tsutsui T, Takahashi Y, Urushibara K, Inagawa K, et al. Superficial circumflex iliac artery perforator flap for reconstruction of limb defects. *Plast Reconstr Surg*. janv 2004;113(1):233-40.
 53. Zaretski A, Wei F-C, Lin C-H, Cheng M-H, Tsao C-K, Wallace CG. Anterolateral Thigh Perforator Flaps in Head and Neck Reconstruction. *Semin Plast Surg*. mai 2006;20(2):64-72.
 54. Sun JM, Chew KY, Wong CH, Goh TLH. Vascular anatomy of the anteromedial thigh flap. *JPRAS Open*. 1 sept 2017;13:113-25.
 55. Fang T, Zhang EW, Lineaweaver WC, Zhang F. Recipient vessels in the free flap reconstruction around the knee. *Ann Plast Surg*. oct 2013;71(4):429-33.
 56. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury*. août 2006;37(8):691-7.
 57. Weiland AJ, Moore JR, Daniel RK. Vascularized bone autografts. Experience with 41 cases. *Clin Orthop*. avr 1983;(174):87-95.
 58. Gravvanis A, Kyriakopoulos A, Kateros K, Tsoutsos D. Flap reconstruction of the knee: A review of current concepts and a proposed algorithm. *World J Orthop*. 18 nov 2014;5(5):603-13.
 59. Cadenelli P, Bordoni D, Radaelli S, Marchesi A. Proximally Based Anterolateral-Thigh (ALT) Flap for Knee Reconstruction: An Advancement Propeller Perforator Flap. *Aesthetic Plast Surg*. 1 oct 2015;39(5):752-6.
 60. Al-Himdani S, Din A, Wright TC, Wheble G, Chapman TWL, Khan U. The medial sural artery perforator (MSAP) flap: A versatile flap for lower extremity reconstruction. *Injury*. avr 2020;51(4):1077-85.
 61. Chen H-C, Chuang C-C, Chen S, Hsu W-M, Wei F-C. Selection of recipient vessels for free flaps to the distal leg and foot following trauma. *Microsurgery*. 1994;15(5):358-63.

62. May JW, Kohrich RJ. Foot Reconstruction Using Free Microvascular Muscle Flaps with Skin Grafts. *Clin Plast Surg.* 1 oct 1986;13(4):681-9.
63. Cho EH, Garcia RM, Pien I, Kuchibhatla M, Levinson H, Erdmann D, et al. Vascular considerations in foot and ankle free tissue transfer: Analysis of 231 free flaps. *Microsurgery.* 2016;36(4):276-83.
64. C R, Ah S, T B, M N, T K, C H, et al. Free flap reconstruction of the foot. *Ann Plast Surg.* 1 juin 1999;42(6):595-606; discussion 606.
65. Ducic I, Hung V, Dellon AL. Innervated Free Flaps for Foot Reconstruction: A Review. *J Reconstr Microsurg.* août 2006;22(6):433-42.
66. Ger R. The management of open fracture of the tibia with skin loss. *J Trauma.* févr 1970;10(2):112-21.
67. Cauchoix J, Duparc J, Boulez P. [Treatment of open fractures of the leg]. *Memoires Acad Chir Fr.* 6 nov 1957;83(25-26):811-22.
68. Keller CS. The principles of the treatment of tibial shaft fractures: a review of 10,146 cases from the literature. *Orthopedics.* 1 août 1983;6(8):993-9.
69. Crowley DJ, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Debridement and wound closure of open fractures: The impact of the time factor on infection rates. *Injury.* 1 août 2007;38(8):879-89.
70. Kumar G, Narayan B. Prevention of Infection in the Treatment of One Thousand and Twenty-Five Open Fractures of Long Bones. Retrospective and Prospective Analyses. In: Banaszkiwicz PA, Kader DF, éditeurs. *Classic Papers in Orthopaedics* [Internet]. London: Springer; 2014 [cité 22 juin 2021]. p. 527-30. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5451-8_138
71. Khatod M, Botte MJ, Hoyt DB, Meyer RS, Smith JM, Akeson WH. Outcomes in Open Tibia Fractures: Relationship between Delay in Treatment and Infection. *J Trauma Acute Care Surg.* nov 2003;55(5):949-54.
72. Engel H, Lin C-H, Wei F-C. Role of microsurgery in lower extremity reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* janv 2011;127 Suppl 1:228S-238S.
73. Anglen JO. Comparison of soap and antibiotic solutions for irrigation of lower-limb open fracture wounds. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am.* juill 2005;87(7):1415-22.
74. Bhandari M, Schemitsch EH, Adili A, Lachowski RJ, Shaughnessy SG. High and low pressure pulsatile lavage of contaminated tibial fractures: an in vitro study of bacterial adherence and bone damage. *J Orthop Trauma.* nov 1999;13(8):526-33.
75. Monds RD, O'Toole GA. The developmental model of microbial biofilms: ten years of a paradigm up for review. *Trends Microbiol.* 1 févr 2009;17(2):73-87.
76. Johansen K, Daines M, Howey T, Helfet D, Hansen ST. Objective criteria accurately predict amputation following lower extremity trauma. *J Trauma.* mai 1990;30(5):568-72; discussion 572-573.
77. Russell WL, Sailors DM, Whittle TB, Fisher DF, Burns RP. Limb salvage versus traumatic amputation. A decision based on a seven-part predictive index. *Ann Surg.* mai 1991;213(5):473-81.
78. Jr HH, Jr PG, Kj H, T C, Gw P, La K, et al. Salvage of lower extremities following combined orthopedic and vascular trauma. A predictive salvage index. *Am Surg.* 1 avr 1987;53(4):205-8.
79. McNamara MG, Heckman JD, Corley FG. Severe open fractures of the lower extremity: a retrospective evaluation of the Mangled Extremity Severity Score (MESS). *J Orthop Trauma.* 1994;8(2):81-7.
80. Bosse MJ, MacKenzie EJ, Kellam JF, Burgess AR, Webb LX, Swiontkowski MF, et al. A prospective evaluation of the clinical utility of the lower-extremity injury-severity scores. *J Bone Joint Surg Am.* janv 2001;83(1):3-14.

81. Higgins TF, Klatt JB, Beals TC. Lower Extremity Assessment Project (LEAP)--the best available evidence on limb-threatening lower extremity trauma. *Orthop Clin North Am.* avr 2010;41(2):233-9.
82. Eiser C, Darlington A-SE, Stride CB, Grimer R. Quality of Life Implications as a Consequence of Surgery: Limb Salvage, Primary and Secondary Amputation. *Sarcoma.* 2001;5(4):189-95.
83. Bosse MJ, MacKenzie EJ, Kellam JF, Burgess AR, Webb LX, Swiontkowski MF, et al. An analysis of outcomes of reconstruction or amputation after leg-threatening injuries. *N Engl J Med.* 12 déc 2002;347(24):1924-31.
84. Bergner M, Bobbitt RA, Carter WB, Gilson BS. The Sickness Impact Profile: Development and Final Revision of a Health Status Measure. *Med Care.* 1981;19(8):787-805.
85. MacKenzie EJ, Bosse MJ, Castillo RC, Smith DG, Webb LX, Kellam JF, et al. Functional outcomes following trauma-related lower-extremity amputation. *J Bone Joint Surg Am.* août 2004;86(8):1636-45.
86. Penn-Barwell JG. Outcomes in lower limb amputation following trauma: A systematic review and meta-analysis. *Injury.* 1 déc 2011;42(12):1474-9.
87. Giannoudis PV, Papakostidis C, Roberts C. A review of the management of open fractures of the tibia and femur. *J Bone Joint Surg Br.* 1 mars 2006;88-B(3):281-9.
88. Gill SPS, Raj M, Kumar S, Singh P, Kumar D, Singh J, et al. Early Conversion of External Fixation to Interlocked Nailing in Open Fractures of Both Bone Leg Assisted with Vacuum Closure (VAC) - Final Outcome. *J Clin Diagn Res JCDR.* févr 2016;10(2):RC10-4.
89. Gustilo RB, Merkow RL, Templeman D. The management of open fractures. *JBJS.* févr 1990;72(2):299-304.
90. Torbert JT, Joshi M, Moraff A, Matuszewski PE, Holmes A, Pollak AN, et al. Current bacterial speciation and antibiotic resistance in deep infections after operative fixation of fractures. *J Orthop Trauma.* janv 2015;29(1):7-17.
91. Chen AF, Wessel CB, Rao N. Staphylococcus aureus screening and decolonization in orthopaedic surgery and reduction of surgical site infections. *Clin Orthop.* juill 2013;471(7):2383-99.
92. Gosselin RA, Roberts I, Gillespie WJ. Antibiotics for preventing infection in open limb fractures. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004;(1):CD003764.
93. Lee J. Efficacy of cultures in the management of open fractures. *Clin Orthop.* juin 1997;(339):71-5.
94. Valenziano CP, Chattar-Cora D, O'Neill A, Hubli EH, Cudjoe EA. Efficacy of primary wound cultures in long bone open extremity fractures: are they of any value? *Arch Orthop Trauma Surg.* juin 2002;122(5):259-61.
95. Chang Y, Kennedy SA, Bhandari M, Lopes LC, Bergamaschi C de C, Carolina de Oliveira E Silva M, et al. Effects of Antibiotic Prophylaxis in Patients with Open Fracture of the Extremities: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *JBJS Rev.* 9 juin 2015;3(6).
96. Antibioprophylaxie en chirurgie et médecine interventionnelle (patients adultes) - La SFAR [Internet]. Société Française d'Anesthésie et de Réanimation. 2018 [cité 25 juin 2021]. Disponible sur: <https://sfar.org/antibioprophylaxie-en-chirurgie-et-medecine-interventionnelle-patients-adultes-2017/>
97. Hoff WS, Bonadies JA, Cachecho R, Dorlac WC. East Practice Management Guidelines Work Group: update to practice management guidelines for prophylactic antibiotic use in open fractures. *J Trauma.* mars 2011;70(3):751-4.
98. Messner J, Papakostidis C, Giannoudis PV, Kanakaris NK. Duration of Administration of Antibiotic Agents for Open Fractures: Meta-Analysis of the Existing Evidence. *Surg Infect.* déc 2017;18(8):854-67.

99. Turner AJ, Parkhouse N. Revisiting the reconstructive ladder. *Plast Reconstr Surg.* juill 2006;118(1):267-8.
100. Bekara F, Herlin C, Somda S, de Runz A, Grolleau JL, Chaput B. Free versus perforator-pedicled propeller flaps in lower extremity reconstruction: What is the safest coverage? A meta-analysis. *Microsurgery.* janv 2018;38(1):109-19.
101. Jeong HH, Hong JP, Suh HS. Thin elevation: A technique for achieving thin perforator flaps. *Arch Plast Surg.* juill 2018;45(4):304-13.
102. Seth AK, Iorio ML. Super-Thin and Suprafascial Anterolateral Thigh Perforator Flaps for Extremity Reconstruction. *J Reconstr Microsurg.* sept 2017;33(7):466-73.
103. Koshima I, Yamamoto T, Narushima M, Mihara M, Iida T. Perforator Flaps and Supermicrosurgery. *Clin Plast Surg.* oct 2010;37(4):683-9.
104. Wei F-C, Mardini S. Free-Style Free Flaps. *Plast Reconstr Surg.* 15 sept 2004;114(4):910-6.
105. Cherubino M, Corno M, D'Arpa S, Summa PD, Pellegatta I, Valdatta L, et al. Muscle versus Fasciocutaneous Flap in Lower Limb Reconstruction: Is There a Best Option? *J Reconstr Microsurg.* oct 2017;33(S 1):S27-33.
106. Cho EH, Shammass RL, Carney MJ, Weissler JM, Bauder AR, Glener AD, et al. Muscle versus Fasciocutaneous Free Flaps in Lower Extremity Traumatic Reconstruction: A Multicenter Outcomes Analysis. *Plast Reconstr Surg.* 1 janv 2018;141(1):191-9.
107. Kerfant N, Bertheuil N, Herlin C, Hu W, Atlan M, Chaput B. Muscle versus Fasciocutaneous Free Flaps in Lower Extremity Traumatic Reconstruction: A Multicenter Outcomes Analysis. *Plast Reconstr Surg.* juin 2018;141(6):974e.
108. Kovar A, Colakoglu S, Iorio ML. Choosing between Muscle and Fasciocutaneous Free Flap Reconstruction in the Treatment of Lower Extremity Osteomyelitis: Available Evidence for a Function-Specific Approach. *J Reconstr Microsurg.* mars 2020;36(3):197-203.
109. Koshima I, Soeda S. Inferior epigastric artery skin flaps without rectus abdominis muscle. *Br J Plast Surg.* 1 nov 1989;42(6):645-8.
110. Rodriguez ED, Bluebond-Langner R, Copeland C, Grim TN, Singh NK, Scalea T. Functional outcomes of posttraumatic lower limb salvage: a pilot study of anterolateral thigh perforator flaps versus muscle flaps. *J Trauma.* mai 2009;66(5):1311-4.
111. Yazar S, Lin C-H, Lin Y-T, Ulusal AE, Wei F-C. Outcome Comparison between Free Muscle and Free Fasciocutaneous Flaps for Reconstruction of Distal Third and Ankle Traumatic Open Tibial Fractures. *Plast Reconstr Surg.* juin 2006;117(7):2468-75.
112. Hollenbeck ST, Arnold PB, Orgill DP, éditeurs. *Handbook of Lower Extremity Reconstruction : Clinical Case-Based Review and Flap Atlas [Internet].* Springer International Publishing; 2020 [cité 14 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.springer.com/gp/book/9783030410346>
113. Jb J, Cj B, Jr MJ. The reconstruction of defects in the femoral shaft with vascularized transfers of fibular bone. *J Bone Joint Surg Am.* 1 mars 1987;69(3):365-74.
114. Gravvanis AI, Tsoutsos DA, Karakitsos D, Panayotou P, Iconomou T, Zografos G, et al. Application of the pedicled anterolateral thigh flap to defects from the pelvis to the knee. *Microsurgery.* 2006;26(6):432-8.
115. Jaiswal D, Ghalme A, Yadav P, Shankhdhar V, Deshpande A. Free anteromedial thigh perforator flap: Complementing and completing the anterolateral thigh flap. *Indian J Plast Surg.* janv 2017;50(01):016-20.
116. Smith PJ, Foley B, McGREGOR JA. THE ANATOMICAL BASIS OF THE GROIN FLAP. *Plast Reconstr Surg.* janv 1972;49(1):41-7.
117. Teo TC. The propeller flap concept. *Clin Plast Surg.* oct 2010;37(4):615-26, vi.
118. Yang D, Yang JF, Morris SF, Tang M, Nie C. Medial plantar artery perforator flap for soft-tissue reconstruction of the heel. *Ann Plast Surg.* sept 2011;67(3):294-8.

119. Demirtas Y, Neimetzade T, Kelahmetoglu O, Guneren E. Comparison of free muscle and perforator skin flaps for soft tissue reconstruction of the foot and ankle. *Foot Ankle Int.* janv 2010;31(1):53-8.
120. Bauer TW, Muschler GF. Bone Graft Materials: An Overview of the Basic Science. *Clin Orthop Relat Res.* févr 2000;371:10-27.
121. Masquelet AC, Begue T. The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects. *Orthop Clin North Am.* janv 2010;41(1):27-37; table of contents.
122. Ga I. The principles of the Ilizarov method. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst.* 1 janv 1988;48(1):1-11.
123. Kwok AC, Agarwal JP. An analysis of free flap failure using the ACS NSQIP database. Does flap site and flap type matter? *Microsurgery.* sept 2017;37(6):531-8.
124. Melissinos EG, Parks DH. Post-trauma reconstruction with free tissue transfer--analysis of 442 consecutive cases. *J Trauma.* août 1989;29(8):1095-102; discussion 1102-1103.
125. Gorman PW, Barnes CL, Fischer TJ, McAndrew MP, Moore MM. Soft-tissue reconstruction in severe lower extremity trauma. A review. *Clin Orthop.* juin 1989;(243):57-64.
126. Écoulement de Poiseuille. In: Wikipédia [Internet]. 2021 [cité 27 juin 2021]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%89coulement_de_Poiseuille&oldid=181095279
127. Lecoq JP, Senard M, Hartstein GM, Lamy M, Heymans O. Thromboprophylaxis in microsurgery. *Acta Chir Belg.* avr 2006;106(2):158-64.
128. Khouri RK, Cooley BC, Kunselman AR, Landis JR, Yeramian P, Ingram D, et al. A prospective study of microvascular free-flap surgery and outcome. *Plast Reconstr Surg.* sept 1998;102(3):711-21.
129. Selber JC, Chang EI, Liu J, Suami H, Adelman DM, Garvey P, et al. Tracking the learning curve in microsurgical skill acquisition. *Plast Reconstr Surg.* oct 2012;130(4):550e-7e.
130. Kerrigan CL, Daniel RK. Critical ischemia time and the failing skin flap. *Plast Reconstr Surg.* juin 1982;69(6):986-9.
131. Hjortdal VE, Sinclair T, Kerrigan CL, Solymoss S. Venous ischemia in skin flaps: microcirculatory intravascular thrombosis. *Plast Reconstr Surg.* févr 1994;93(2):366-74.
132. Hjortdal VE, Hauge E, Hansen ES. Differential effects of venous stasis and arterial insufficiency on tissue oxygenation in myocutaneous island flaps: an experimental study in pigs. *Plast Reconstr Surg.* mars 1992;89(3):521-9.
133. May JW, Chait LA, O'Brien BM, Hurley JV. The no-reflow phenomenon in experimental free flaps. *Plast Reconstr Surg.* févr 1978;61(2):256-67.
134. Yoon AP, Jones NF. Critical time for neovascularization/angiogenesis to allow free flap survival after delayed postoperative anastomotic compromise without surgical intervention: A review of the literature. *Microsurgery.* oct 2016;36(7):604-12.
135. Raju A, Ooi A, Ong YS, Tan BK. Traumatic lower limb injury and microsurgical free flap reconstruction with the use of negative pressure wound therapy: is timing crucial? *J Reconstr Microsurg.* juill 2014;30(6):427-30.
136. Cooley BC, Lan M, Groner JP, Hoer SR, Dollinger BM, Hanel DP. Experimental study of the influence of arterial trauma on dependent distal tissue survival. *Microsurgery.* 1991;12(2):86-8.
137. Choe EI, Kasabian AK, Kolker AR, Karp NS, Zhang L, Bass LS, et al. Thrombocytosis After Major Lower Extremity Trauma: Mechanism and Possible Role in Free Flap Failure. *Ann Plast Surg.* mai 1996;36(5):489-94.

138. Karanas YL, Nigriny J, Chang J. The timing of microsurgical reconstruction in lower extremity trauma. *Microsurgery*. 2008;28(8):632-4.
139. Acland RD. Refinements in lower extremity free flap surgery. *Clin Plast Surg*. oct 1990;17(4):733-44.
140. Hessel SJ, Adams DF, Abrams HL. Complications of angiography. *Radiology*. 1 févr 1981;138(2):273-81.
141. Johansen K, Lynch K, Paun M, Copass M. Non-invasive vascular tests reliably exclude occult arterial trauma in injured extremities. *J Trauma*. avr 1991;31(4):515-9; discussion 519-522.
142. Klein MB, Karanas YL, Chow LC, Rubin GD, Chang J. Early experience with computed tomographic angiography in microsurgical reconstruction. *Plast Reconstr Surg*. août 2003;112(2):498-503.
143. Soto JA, Múnera F, Morales C, Lopera JE, Holguín D, Guarín O, et al. Focal Arterial Injuries of the Proximal Extremities: Helical CT Arteriography as the Initial Method of Diagnosis. *Radiology*. 1 janv 2001;218(1):188-94.
144. Feng S, Min P, Grassetti L, Lazzeri D, Sadigh P, Nicoli F, et al. A Prospective Head-to-Head Comparison of Color Doppler Ultrasound and Computed Tomographic Angiography in the Preoperative Planning of Lower Extremity Perforator Flaps. *Plast Reconstr Surg*. janv 2016;137(1):335-47.
145. Ziffren SE, Hartford CE. Comparative mortality for various surgical operations in older versus younger age groups. *J Am Geriatr Soc*. oct 1972;20(10):485-9.
146. Population totale par sexe et âge au 1er janvier 2020, France – Bilan démographique 2019 | Insee [Internet]. [cité 23 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1892086?sommaire=1912926>
147. Heidekrueger PI, Heine-Geldern A, Ninkovic M, Herter F, Schmauss D, Aung T, et al. Microsurgical reconstruction in patients greater than 80 years old. *Microsurgery*. sept 2017;37(6):546-51.
148. Üstün GG, Aksu AE, Uzun H, Bitik O. The systematic review and meta-analysis of free flap safety in the elderly patients. *Microsurgery*. juill 2017;37(5):442-50.
149. Jubbal KT, Zavlin D, Suliman A. The effect of age on microsurgical free flap outcomes: An analysis of 5,951 cases. *Microsurgery*. 2017;37(8):858-64.
150. de Jaeger C, Cherin P. Les théories du vieillissement. *Médecine Longévité*. 1 déc 2011;3(4):155-74.
151. Pluvy I, Panouillères M, Garrido I, Pauchot J, Saboye J, Chavoïn JP, et al. Smoking and plastic surgery, part II. Clinical implications: a systematic review with meta-analysis. *Ann Chir Plast Esthet*. févr 2015;60(1):e15-49.
152. Patel RA, Wilson RF, Patel PA, Palmer RM. The effect of smoking on bone healing. *Bone Jt Res*. 1 juin 2013;2(6):102-11.
153. Ehrl D, Heidekrueger PI, Haas EM, Coenen M, Giunta R, Ninkovic M, et al. Does Cigarette Smoking Harm Microsurgical Free Flap Reconstruction? *J Reconstr Microsurg*. sept 2018;34(7):492-8.
154. Lese I, Biedermann R, Constantinescu M, Grobbelaar AO, Olariu R. Predicting risk factors that lead to free flap failure and vascular compromise: A single unit experience with 565 free tissue transfers. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* [Internet]. 20 sept 2020 [cité 3 déc 2020]; Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1748681520304782>
155. Singh A, Jiong Hao JT, Wei DT, Liang CW, Murphy D, Thambiah J, et al. Gustilo IIIB Open Tibial Fractures: An Analysis of Infection and Nonunion Rates. *Indian J Orthop*. 2018;52(4):406-10.
156. Mehrara BJ, Santoro TD, Arcilla E, Watson JP, Shaw WW, Da Lio AL. Complications after microvascular breast reconstruction: experience with 1195 flaps. *Plast*

Reconstr Surg. oct 2006;118(5):1100-9.

157. Shin JY, Roh S-G, Lee N-H, Yang K-M. Is obesity a predisposing factor for free flap failure and complications? Comparison between breast and nonbreast reconstruction: Systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. juin 2016;95(26):e4072.
158. Kantar RS, Rifkin WJ, David JA, Cammarata MJ, Diaz-Siso JR, Levine JP, et al. Diabetes is not associated with increased rates of free flap failure: Analysis of outcomes in 6030 patients from the ACS-NSQIP database. *Microsurgery*. janv 2019;39(1):14-23.
159. Las DE, de Jong T, Zuidam JM, Verweij NM, Hovius SER, Mureau MAM. Identification of independent risk factors for flap failure: A retrospective analysis of 1530 free flaps for breast, head and neck and extremity reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg JPRAS*. juill 2016;69(7):894-906.
160. Moran SL, Illig KA, Green RM, Serletti JM. Free-tissue transfer in patients with peripheral vascular disease: a 10-year experience. *Plast Reconstr Surg*. mars 2002;109(3):999-1006.
161. Kolbensschlag J, Hellmich S, Germann G, Megerle K. Free Tissue Transfer in Patients with Severe Peripheral Arterial Disease: Functional Outcome in Reconstruction of Chronic Lower Extremity Defects. *J Reconstr Microsurg*. nov 2013;29(9):607-14.
162. Burusapat C, Nanasilp T, Kunaphensaeng P, Ruamthanthong A. Effect of Atherosclerosis on the Lateral Circumflex Femoral Artery and Its Descending Branch: Comparative Study to Nonatherosclerotic Risk. *Plast Reconstr Surg – Glob Open*. sept 2016;4(9):e856.
163. Chen H-C, Coskunfirat OK, Ozkan O, Mardini S, Cigna E, Salgado CJ, et al. Guidelines for the optimization of microsurgery in atherosclerotic patients. *Microsurgery*. 2006;26(5):356-62.
164. Yaremchuk MJ, Brumback RJ, Manson PN, Burgess AR, Poka A, Weiland AJ. Acute and definitive management of traumatic osteocutaneous defects of the lower extremity. *Plast Reconstr Surg*. juill 1987;80(1):1-14.
165. Shaw WW. Acute Management of Severe Soft-Tissue Damage Accompanying Open Fractures of the Lower Extremity: Editor's Discussion. *Clin Plast Surg*. 1 oct 1986;13(4):631-2.
166. Lee Z-H, Stranix JT, Rifkin WJ, Daar DA, Anzai L, Ceradini DJ, et al. Timing of Microsurgical Reconstruction in Lower Extremity Trauma: An Update of the Godina Paradigm. *Plast Reconstr Surg*. 2019;144(3):759-67.
167. Bhattacharyya T, Mehta P, Smith M, Pomahac B. Routine Use of Wound Vacuum-Assisted Closure Does Not Allow Coverage Delay for Open Tibia Fractures. *Plast Reconstr Surg*. avr 2008;121(4):1263-6.
168. Hou Z, Irgit K, Strohecker KA, Matzko ME, Wingert NC, DeSantis JG, et al. Delayed flap reconstruction with vacuum-assisted closure management of the open IIIB tibial fracture. *J Trauma*. déc 2011;71(6):1705-8.
169. Schlatterer DR, Hirschfeld AG, Webb LX. Negative Pressure Wound Therapy in Grade IIIB Tibial Fractures: Fewer Infections and Fewer Flap Procedures? *Clin Orthop Relat Res*. 1 mai 2015;473(5):1802-11.
170. Hagau N, Longrois D. Anesthesia for free vascularized tissue transfer. *Microsurgery*. 2009;29(2):161-7.
171. Hallock GG. Critical threshold for tissue viability as determined by laser Doppler flowmetry. *Ann Plast Surg*. juin 1992;28(6):554-8.
172. Hill JB, Patel A, Del Corral GA, Sexton KW, Ehrenfeld JM, Guillaumondegui OD, et al. Preoperative anemia predicts thrombosis and free flap failure in microvascular reconstruction. *Ann Plast Surg*. oct 2012;69(4):364-7.
173. Desyatnikova S, Winslow C, Cohen JJ, Wax MK. Effect of anemia on the

- fasciocutaneous flap survival in a rat model. *The Laryngoscope*. avr 2001;111(4 Pt 1):572-5.
174. Motakef S, Mountziaris PM, Ismail IK, Agag RL, Patel A. Emerging paradigms in perioperative management for microsurgical free tissue transfer: review of the literature and evidence-based guidelines. *Plast Reconstr Surg*. janv 2015;135(1):290-9.
175. Kim BD, Ver Halen JP, Mlodinow AS, Kim JYS. Intraoperative transfusion of packed red blood cells in microvascular free tissue transfer patients: assessment of 30-day morbidity using the NSQIP dataset. *J Reconstr Microsurg*. févr 2014;30(2):103-14.
176. Serletti JM, Higgins JP, Moran S, Orlando GS. Factors affecting outcome in free-tissue transfer in the elderly. *Plast Reconstr Surg*. juill 2000;106(1):66-70.
177. Coskunfirat OK, Chen H, Spanio S, Tang Y. The Safety of Microvascular Free Tissue Transfer in the Elderly Population. *Plast Reconstr Surg*. mars 2005;115(3):771-5.
178. Howard MA, Cordeiro PG, Disa J, Samson W, Gonen M, Schoelle RN, et al. Free tissue transfer in the elderly: incidence of perioperative complications following microsurgical reconstruction of 197 septuagenarians and octogenarians. *Plast Reconstr Surg*. nov 2005;116(6):1659-68; discussion 1669-1671.
179. Verhelle N, Preud'homme L, Dequanter D, Van den Hof B, Heymans O, Vico P. Free flaps in the elderly population. *Eur J Plast Surg*. 1 oct 2005;28(3):149-51.
180. Perrot P, Bouffaut A-L, Perret C, Connault J, Duteille F. Risk factors and therapeutic strategy after failure of free flap coverage for lower-limb defects. *J Reconstr Microsurg*. mars 2011;27(3):157-62.
181. Kwok AC, Agarwal JP. Unplanned reoperations after microvascular free tissue transfer: An analysis of 2,244 patients using the. *Microsurgery*. 2017;37(3):184-9.
182. Sigurdsson GH. Perioperative fluid management in microvascular surgery. *J Reconstr Microsurg*. janv 1995;11(1):57-65.
183. Brinkman JN, Derks LH, Klimek M, Mureau MAM. Perioperative Fluid Management and Use of Vasoactive and Antithrombotic Agents in Free Flap Surgery: A Literature Review and Clinical Recommendations. *J Reconstr Microsurg*. juill 2013;29(6):357-66.
184. Chappell D, Jacob M, Hofmann-Kiefer K, Conzen P, Rehm M. A rational approach to perioperative fluid management. *Anesthesiology*. oct 2008;109(4):723-40.
185. Zhong T, Neinstein R, Massey C, McCluskey SA, Lipa J, Neligan P, et al. Intravenous fluid infusion rate in microsurgical breast reconstruction: important lessons learned from 354 free flaps. *Plast Reconstr Surg*. déc 2011;128(6):1153-60.
186. Franklin JYJ, Matthews T, Lampe H. Morbidity associated with perioperative fluid management in free-flap reconstruction of the head and neck. *Laryngoscope*. 1 janv 2002;112:765-6.
187. Clark JR, McCluskey SA, Hall F, Lipa J, Neligan P, Brown D, et al. Predictors of morbidity following free flap reconstruction for cancer of the head and neck. *Head Neck*. déc 2007;29(12):1090-101.
188. Goh CSL, Ng MJM, Song DH, Ooi ASH. Perioperative Vasopressor Use in Free Flap Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Reconstr Microsurg*. sept 2019;35(7):529-40.
189. Knackstedt R, Gatherwright J, Gurunluoglu R. A literature review and meta-analysis of outcomes in microsurgical reconstruction using vasopressors. *Microsurgery*. mars 2019;39(3):267-75.
190. Eley KA, Young JD, Watt-Smith SR. Power spectral analysis of the effects of epinephrine, norepinephrine, dobutamine and dopexamine on microcirculation following free tissue transfer. *Microsurgery*. 2013;33(4):275-81.
191. Eley KA, Young JD, Watt-Smith SR. Epinephrine, norepinephrine, dobutamine, and dopexamine effects on free flap skin blood flow. *Plast Reconstr Surg*. sept 2012;130(3):564-70.

192. Lucchinetti E, Ambrosio S, Aguirre J, Herrmann P, Härter L, Keel M, et al. Sevoflurane inhalation at sedative concentrations provides endothelial protection against ischemia-reperfusion injury in humans. *Anesthesiology*. févr 2007;106(2):262-8.
193. Annecke T, Rehm M, Bruegger D, Kubitz JC, Kemming GI, Stoeckelhuber M, et al. Ischemia-reperfusion-induced unmeasured anion generation and glycocalyx shedding: sevoflurane versus propofol anesthesia. *J Investig Surg Off J Acad Surg Res*. juin 2012;25(3):162-8.
194. Lucchinetti E, Zeisberger SM, Baruscotti I, Wacker J, Feng J, Zaugg K, et al. Stem cell-like human endothelial progenitors show enhanced colony-forming capacity after brief sevoflurane exposure: preconditioning of angiogenic cells by volatile anesthetics. *Anesth Analg*. 1 oct 2009;109(4):1117-26.
195. Bruegger D, Bauer A, Finsterer U, Bernasconi P, Kreimeier U, Christ F. Microvascular changes during anesthesia: sevoflurane compared with propofol. *Acta Anaesthesiol Scand*. mai 2002;46(5):481-7.
196. Erni D, Banic A, Signer C, Sigurdsson GH. Effects of epidural anaesthesia on microcirculatory blood flow in free flaps in patients under general anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol*. oct 1999;16(10):692-8.
197. Alam NH, Haeney JA, Platt AJ. Three episodes of gracilis free muscle transfer under epidural anaesthesia. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg JPRAS*. 2006;59(12):1463-6.
198. Su H-H, Lui P-W, Yu C-L, Liew C-S, Lin C-H, Lin Y-T, et al. The effects of continuous axillary brachial plexus block with ropivacaine infusion on skin temperature and survival of crushed fingers after microsurgical replantation. *Chang Gung Med J*. août 2005;28(8):567-74.
199. Kurt E, Ozturk S, Isik S, Zor F. Continuous brachial plexus blockade for digital replantations and toe-to-hand transfers. *Ann Plast Surg*. janv 2005;54(1):24-7.
200. Sumer BD, Myers LL, Leach J, Truelson JM. Correlation between intraoperative hypothermia and perioperative morbidity in patients with head and neck cancer. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. juill 2009;135(7):682-6.
201. Moellhoff N, Broer PN, Heidekrueger PI, Ninkovic M, Ehrl D. Impact of Intraoperative Hypothermia on Microsurgical Free Flap Reconstructions. *J Reconstr Microsurg*. févr 2021;37(2):174-80.
202. Young VL, Watson ME. Prevention of perioperative hypothermia in plastic surgery. *Aesthet Surg J*. oct 2006;26(5):551-71.
203. Hill JB, Sexton KW, Bartlett EL, Papillion PW, Del Corral GA, Patel A, et al. The Clinical Role of Intraoperative Core Temperature in Free Tissue Transfer. *Ann Plast Surg*. déc 2015;75(6):620-4.
204. Gardiner MD, Nanchahal J. Strategies to ensure success of microvascular free tissue transfer. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 1 sept 2010;63(9):e665-73.
205. Lee KT, Jeon B-J, Lim S-Y, Pyon J-K, Bang S-I, Oh K-S, et al. The effects of ketorolac on microvascular thrombosis in lower extremity reconstruction. *Plast Reconstr Surg*. juin 2012;129(6):1322-7.
206. Khouri RK, Sherman R, Buncke HJ, Feller AM, Hovius S, Benes CO, et al. A phase II trial of intraluminal irrigation with recombinant human tissue factor pathway inhibitor to prevent thrombosis in free flap surgery. *Plast Reconstr Surg*. févr 2001;107(2):408-15; discussion 416-418.
207. Ritter EF, Cronan JC, Rudner AM, Serafin D, Klitzman B. Improved Microsurgical Anastomotic Patency with Low Molecular Weight Heparin. *J Reconstr Microsurg*. juill 1998;14(5):331-6.
208. Riva FMG, Chen Y-C, Tan N-C, Lin P-Y, Tsai Y-T, Chang H-W, et al. The outcome of prostaglandin-E1 and dextran-40 compared to no antithrombotic therapy in head and neck

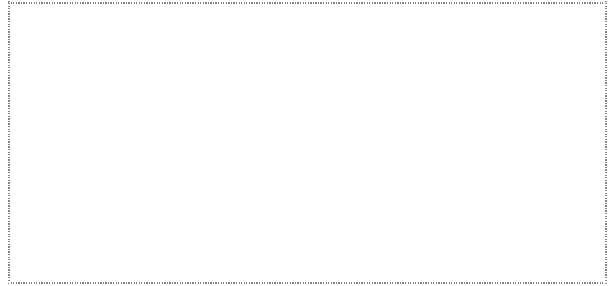
- free tissue transfer: analysis of 1,351 cases in a single center. *Microsurgery*. juill 2012;32(5):339-43.
209. Lee K-T, Mun G-H. The efficacy of postoperative antithrombotics in free flap surgery: a systematic review and meta-analysis. *Plast Reconstr Surg*. avr 2015;135(4):1124-39.
210. Bleich SD, Nichols TC, Schumacher RR, Cooke DH, Tate DA, Teichman SL. Effect of heparin on coronary arterial patency after thrombolysis with tissue plasminogen activator in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 15 déc 1990;66(20):1412-7.
211. Ashjian P, Chen CM, Pusic A, Disa JJ, Cordeiro PG, Mehrara BJ. The effect of postoperative anticoagulation on microvascular thrombosis. *Ann Plast Surg*. juill 2007;59(1):36-9; discussion 39-40.
212. Couteau C, Rem K, Guillier D, Moris V, Revol M, Cristofari S. Improving free-flap survival using intra-operative heparin: Ritualistic practice or evidence-base medicine? A systematic review. *Ann Chir Plast Esthét*. juin 2018;63(3):e1-5.
213. Ozkan O, Ozgentas HE, Islamoglu K, Boztug N, Bigat Z, Dikici MB. Experiences with microsurgical tissue transfers in elderly patients. *Microsurgery*. 2005;25(5):390-5.
214. Offodile AC, Aherrera A, Wenger J, Rajab TK, Guo L. Impact of increasing operative time on the incidence of early failure and complications following free tissue transfer? A risk factor analysis of 2,008 patients from the ACS-NSQIP database. *Microsurgery*. janv 2017;37(1):12-20.
215. Iamaguchi RB, Takemura RL, Silva GB, de Oliveira Alves JA, Torres LR, Cho AB, et al. Peri-operative risk factors for complications of free flaps in traumatic wounds - a cross-sectional study. *Int Orthop*. 2018;42(5):1149-56.
216. Ehrl D, Heidekrueger PI, Ninkovic M, Broer PN. Impact of Duration of Perioperative Ischemia on Outcomes of Microsurgical Reconstructions. *J Reconstr Microsurg*. juin 2018;34(5):321-6.
217. Gürlek A, Kroll SS, Schusterman MA. Ischemic time and free flap success. *Ann Plast Surg*. mai 1997;38(5):503-5.
218. Chang S-Y, Huang J-J, Tsao C-K, Nguyen A, Mittakanti K, Lin C-Y, et al. Does ischemia time affect the outcome of free fibula flaps for head and neck reconstruction? A review of 116 cases. *Plast Reconstr Surg*. déc 2010;126(6):1988-95.
219. Haddock NT, Weichman KE, Reformat DD, Kligman BE, Levine JP, Saadeh PB. Lower extremity arterial injury patterns and reconstructive outcomes in patients with severe lower extremity trauma: a 26-year review. *J Am Coll Surg*. janv 2010;210(1):66-72.
220. Kolker AR, Kasabian AK, Karp NS, Gottlieb JJ. Fate of free flap microanastomosis distal to the zone of injury in lower extremity trauma. *Plast Reconstr Surg*. avr 1997;99(4):1068-73.
221. Spector JA, Levine S, Levine JP. Free tissue transfer to the lower extremity distal to the zone of injury: indications and outcomes over a 25-year experience. *Plast Reconstr Surg*. 15 sept 2007;120(4):952-9.
222. Khouri RK. Avoiding free flap failure. *Clin Plast Surg*. oct 1992;19(4):773-81.
223. Lorenzo AR, Lin C-H, Lin C-H, Lin Y-T, Nguyen A, Hsu C-C, et al. Selection of the recipient vein in microvascular flap reconstruction of the lower extremity: Analysis of 362 free-tissue transfers. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 1 mai 2011;64(5):649-55.
224. Ahmadi I, Herle P, Rozen WM, Leong J. One versus Two Venous Anastomoses in Microsurgical Free Flaps: A Meta-Analysis. *J Reconstr Microsurg*. juill 2014;30(6):413-8.
225. Hanasono MM, Kocak E, Ogunleye O, Hartley CJ, Miller MJ. One versus Two Venous Anastomoses in Microvascular Free Flap Surgery. *Plast Reconstr Surg*. nov 2010;126(5):1548-57.
226. Chen W f, Kung Y-P, Kang Y-C, Lawrence WT, Tsao C-K. An old controversy revisited—one versus two venous anastomoses in microvascular head and neck reconstruction

- using anterolateral thigh flap. *Microsurgery*. 2014;34(5):377-83.
227. Enajat M, Rozen WM, Whitaker IS, Smit JM, Acosta R. A single center comparison of one versus two venous anastomoses in 564 consecutive DIEP flaps: Investigating the effect on venous congestion and flap survival. *Microsurgery*. 2010;30(3):185-91.
228. Riot S, Herlin C, Mojallal A, Garrido I, Bertheuil N, Filleron T, et al. A Systematic Review and Meta-Analysis of Double Venous Anastomosis in Free Flaps. *Plast Reconstr Surg*. déc 2015;136(6):1299-311.
229. Stranix JT, Lee Z-H, Anzai L, Jacoby A, Avraham T, Saadeh PB, et al. Optimizing venous outflow in reconstruction of Gustilo IIIB lower extremity traumas with soft tissue free flap coverage: Are two veins better than one? *Microsurgery*. 2018;38(7):745-51.
230. Evans GR, Gherardini G, Gürlek A, Langstein H, Joly GA, Cromeens DM, et al. Drug-induced vasodilation in an in vitro and in vivo study: the effects of nicardipine, papaverine, and lidocaine on the rabbit carotid artery. *Plast Reconstr Surg*. nov 1997;100(6):1475-81.
231. Weinzweig N, Lukash F, Weinzweig J. Topical and systemic calcium channel blockers in the prevention and treatment of microvascular spasm in a rat epigastric island skin flap model. *Ann Plast Surg*. mars 1999;42(3):320-6.
232. Yokoyama T, Tosa Y, Kadomatsu K, Sato K, Hosaka Y. A novel approach for preventing the development of persistent vasospasms after microsurgery for the extremities: intermittent topical lidocaine application. *J Reconstr Microsurg*. févr 2010;26(2):79-85.
233. Cho EH, Garcia RM, Blau J, Levinson H, Erdmann D, Levin LS, et al. Microvascular Anastomoses Using End-to-End versus End-to-Side Technique in Lower Extremity Free Tissue Transfer. *J Reconstr Microsurg*. févr 2016;32(2):114-20.
234. Ahmadi I, Herle P, Miller G, Hunter-Smith DJ, Leong J, Rozen WM. End-to-End versus End-to-Side Microvascular Anastomosis: A Meta-analysis of Free Flap Outcomes. *J Reconstr Microsurg*. juill 2017;33(6):402-11.
235. Kim JT, Kim CY, Kim YH. T-Anastomosis in microsurgical free flap reconstruction: an overview of clinical applications. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 1 oct 2008;61(10):1157-63.
236. Kamolz L-P, Giovanoli P, Haslik W, Koller R, Frey M. Continuous free-flap monitoring with tissue-oxygen measurements: three-year experience. *J Reconstr Microsurg*. août 2002;18(6):487-91; discussion 492-493.
237. Jallali N, Ridha H, Butler PE. Postoperative monitoring of free flaps in UK plastic surgery units. *Microsurgery*. 2005;25(6):469-72.
238. Kroll S, Schusterman M, Reece G, Miller M, Evans G, Robb G, et al. Timing of Pedicle Thrombosis and Flap Loss after Free-Tissue Transfer. *Plast Reconstr Surg*. 1 déc 1996;98.
239. Chen K-T, Mardini S, Chuang DC-C, Lin C-H, Cheng M-H, Lin Y-T, et al. Timing of presentation of the first signs of vascular compromise dictates the salvage outcome of free flap transfers. *Plast Reconstr Surg*. juill 2007;120(1):187-95.
240. Salgado CJ, Moran SL, Mardini S. Flap monitoring and patient management. *Plast Reconstr Surg*. déc 2009;124(6 Suppl):e295-302.
241. Smit JM, Zeebregts CJ, Acosta R, Werker PMN. Advancements in free flap monitoring in the last decade: a critical review. *Plast Reconstr Surg*. janv 2010;125(1):177-85.
242. Lin SJ, Nguyen M-D, Chen C, Colakoglu S, Curtis MS, Tobias AM, et al. Tissue Oximetry Monitoring in Microsurgical Breast Reconstruction Decreases Flap Loss and Improves Rate of Flap Salvage. *Plast Reconstr Surg*. mars 2011;127(3):1080-5.
243. Cornejo A, Ivatury S, Crane CN, Myers JG, Wang HT. Analysis of free flap complications and utilization of intensive care unit monitoring. *J Reconstr Microsurg*. sept 2013;29(7):473-9.

244. Perrot P, Le Floch R, Bellier-Waast F, Bourdais L, Pannier M, Duteille F. [Free-flap reconstruction in the elderly patient]. *Ann Chir Plast Esthet.* oct 2008;53(5):420-3.
245. Haddock NT, Gobble RM, Levine JP. More consistent postoperative care and monitoring can reduce costs following microvascular free flap reconstruction. *J Reconstr Microsurg.* sept 2010;26(7):435-9.
246. Xiong L, Gazyakan E, Kremer T, Hernekamp FJ, Harhaus L, Saint-Cyr M, et al. Free flaps for reconstruction of soft tissue defects in lower extremity: A meta-analysis on microsurgical outcome and safety. *Microsurgery.* sept 2016;36(6):511-24.
247. Bui DT, Cordeiro PG, Hu Q-Y, Disa JJ, Pusic A, Mehrara BJ. Free flap reexploration: indications, treatment, and outcomes in 1193 free flaps. *Plast Reconstr Surg.* juin 2007;119(7):2092-100.
248. Olry K. Épidémiologie des polytraumatisés hospitalisés en réanimation chirurgicale à Nancy. Evolution de 1990 à 2012. :124.
249. Bigdeli AK, Gazyakan E, Schmidt VJ, Bauer C, Germann G, Radu CA, et al. Long-Term Outcome after Successful Lower Extremity Free Flap Salvage. *J Reconstr Microsurg.* mai 2019;35(4):263-9.
250. Kroll SS, Schusterman MA, Reece GP, Miller MJ, Evans GRD, Robb GL, et al. Timing of Pedicle Thrombosis and Flap Loss after Free-Tissue Transfer. *Plast Reconstr Surg.* déc 1996;98(7):1230-3.
251. Black MJM, Chait L, O'Brien BMcC, Sykes PJ, Sharzer LA. How soon may the axial vessels of a surviving free flap be safely ligated: A study in pigs. *Br J Plast Surg.* 1 oct 1978;31(4):295-9.
252. Benacquista T, Kasabian AK, Karp NS. The fate of lower extremities with failed free flaps. *Plast Reconstr Surg.* oct 1996;98(5):834-40; discussion 841-842.
253. Culliford AT, Spector J, Blank A, Karp NS, Kasabian A, Levine JP. The fate of lower extremities with failed free flaps: a single institution's experience over 25 years. *Ann Plast Surg.* juill 2007;59(1):18-21; discussion 21-22.
254. Xiong L, Gazyakan E, Kremer T, Hernekamp FJ, Harhaus L, Saint-Cyr M, et al. Free flaps for reconstruction of soft tissue defects in lower extremity: A meta-analysis on microsurgical outcome and safety. *Microsurgery.* sept 2016;36(6):511-24.
255. Fischer JP, Wink JD, Nelson JA, Cleveland E, Grover R, Wu LC, et al. A retrospective review of outcomes and flap selection in free tissue transfers for complex lower extremity reconstruction. *J Reconstr Microsurg.* juill 2013;29(6):407-16.
256. Parrett BM, Matros E, Pribaz JJ, Orgill DP. Lower Extremity Trauma: Trends in the Management of Soft-Tissue Reconstruction of Open Tibia-Fibula Fractures: *Plast Reconstr Surg.* avr 2006;117(4):1315-22.
257. Kopp Q, Montoya D, Brix M, Dautel G, Simon E. Analyse de l'activité de reconstruction microchirurgicale en hôpital universitaire : cohorte historique sur 14 ans. *Ann Chir Plast Esthét.* 1 août 2019;64(4):311-9.
258. Moellhoff N, Broer PN, Heidekrueger PI, Ninkovic M, Ehrl D. Impact of patients' gender on microvascular lower extremity reconstruction. *J Plast Surg Hand Surg.* 22 juill 2021;0(0):1-6.
259. Masson E. Épidémiologie de l'artériopathie des membres inférieurs [Internet]. EM-Consulte. [cité 30 août 2021]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1201491/epidemiologie-de-l-artériopathie-des-membres-infer>
260. Demir A, Kucuker I, Keles MK, Demirtas Y. The effect of learning curve on flap selection, re-exploration, and salvage rates in free flaps; A retrospective analysis of 155 cases. *Microsurgery.* oct 2013;33(7):519-26.
261. Cho EH, Shammas RL, Carney MJ, Weissler JM, Bauder AR, Glener AD, et al. Muscle versus Fasciocutaneous Free Flaps in Lower Extremity Traumatic Reconstruction: A

- Multicenter Outcomes Analysis. *Plast Reconstr Surg.* janv 2018;141(1):191-9.
262. Danino A-M, Gras M, Coeugnet E, Jebrane A, Harris PG. [Is muscle the best coverage for leg Gustilo IIIb fractures? A retrospective comparative study]. *Ann Chir Plast Esthet.* déc 2008;53(6):473-9.
263. Song CT, Koh K, Tan B-K, Goh T. Free-Flap Lower Extremity Reconstruction: A Cohort Study and Meta-Analysis of Flap Anastomotic Outcomes between Perforator and Nonperforator Flaps. *J Reconstr Microsurg.* juill 2018;34(6):455-64.
264. Kim JT, Kim CY, Kim YH. T-Anastomosis in microsurgical free flap reconstruction: an overview of clinical applications. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 1 oct 2008;61(10):1157-63.
265. Ducic I, Brown BJ, Rao SS. Lower extremity free flap reconstruction outcomes using venous coupler. *Microsurgery.* juill 2011;31(5):360-4.
266. Medina ND, Fischer JP, Fosnot J, Serletti JM, Wu LC, Kovach SJ. Lower extremity free flap outcomes using an anastomotic venous coupler device. *Ann Plast Surg.* févr 2014;72(2):176-9.

Vu, le Président du Jury,
(tampon et signature)



Titre Prénom NOM

Vu, le Directeur de Thèse,
(tampon et signature)



Titre Prénom NOM

Vu, le Doyen de la Faculté,



Professeur Pascale JOLLIET

Titre de Thèse :

Analyse d'une série de 102 reconstructions de perte de substance des membres inférieurs d'origine traumatique par lambeau libre :
expérience du CHU de Nantes sur 16 ans.

RESUME

La reconstruction microchirurgicale des membres inférieurs dans le contexte post-traumatique nécessite une prise en charge rapide, multidisciplinaire (orthopédique, plastique et infectieuse) pour optimiser les chances de sauvetage du membre inférieur

Nous avons réalisé l'analyse des données de 102 lambeaux libres à visée de reconstruction post traumatique des membres inférieurs au CHU de Nantes sur les 16 dernières années afin de définir les différents paramètres péri-opératoires (intrinsèques, lésionnels et de la reconstruction notamment le délai) et opératoires permettant de diminuer les taux d'échecs dans ce domaine notamment en diminuant l'incidence des thromboses et le taux d'infections postopératoires.

Il s'agit, à notre connaissance de l'une des rares études à analyser ces différents paramètres dans le contexte traumatique du membre inférieur.

Le développement d'une filière ortho-plastique-infectieuse est primordiale afin de maximiser les sauvetages de membres inférieurs en contexte traumatique

MOTS-CLES

Lambeau libre – Reconstruction – Membre inférieur – Traumatisme – Thrombose
Infection – Échec – Sauvetage – Amputation