

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2023

N° :

THÈSE POUR LE
DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 05 décembre 2023

Par Manal AKADI

Née le 14 décembre 1996 à Rouen-France

Le flapless en implantologie : état des lieux en 2023

JURY

Président : Monsieur le Professeur Kevimy AGOSSA

Assesseurs : Monsieur le Docteur Laurent NAWROCKI

Monsieur le Docteur Maxime BEDEZ

Monsieur le Docteur Jordan QUERTAINMONT

Président de l'Université	:	Pr. R. BORDET
Directrice Générale des Services de l'Université	:	M-D. SAVINA
Doyen UFR3S	:	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S	:	G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S	:	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services	:	N. RICHARD
Responsable de la Scolarité	:	G. DUPONT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTÉ

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS :

K. AGOSSA	Parodontologie
P. BOITELLE	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
C. DELFOSSE	Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S Odontologie Pédiatrique
E. DEVEAUX	Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS :

T. BECAVIN	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. BEDEZ	Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
P. BOITELLE	Responsable du Département de Prothèses
F. BOSCHIN	Responsable du Département de Parodontologie
C. CATTEAU	Responsable du Département de Prévention, Épidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
X. COUDEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Responsable du Département d' Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Prothèses

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Kevimy AGOSSA

Professeur des Universités – Praticien hospitalier
Section Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale
Département Parodontologie

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université de Lille – mention Sciences de la vie et de la santé
Habilitation à Diriger des Recherches (Université de Lille)

Master II Santé publique *Evaluation médico-économique Recherche Clinique*
C.E.S de Parodontologie
Attestation d'Etudes Approfondies en Odontologie

Ancien Assistant des Hospices Civils de Lyon
Ancien Interne en Odontologie
Lauréat de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire

Responsable de l'Unité Fonctionnelle de Parodontologie au CHU de Lille
Chargé de mission Relations Internationales

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de présider le jury de ma thèse. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect. Je garderai en mémoire la qualité de votre encadrement ainsi que de votre enseignement.

*Ce fut un véritable privilège de vous avoir eu comme enseignant.
Soyez assuré de ma profonde gratitude.*

Monsieur le Docteur Laurent Nawrocki

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Section Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

Département Chirurgie Orale

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie de l'Université de Lille

Maîtrise en Biologie Humaine

Certificat d'Etudes Supérieures d'Odontologie Chirurgicale

Chef du Service d'Odontologie du CHU de LILLE

Coordonnateur du Diplôme d'Etudes Spécialisées de Chirurgie Orale (Odontologie)

Responsable du Département de Chirurgie Orale

Je suis très sensible à l'honneur que vous me faites en acceptant de participer à ce jury de thèse.

Je vous remercie de l'écoute et de la bienveillance dont vous avez fait preuve en tant que chef du service d'odontologie.

Je vous exprime aujourd'hui ma sincère reconnaissance et mon profond respect.

Monsieur le Docteur Maxime BEDEZ

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Section Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

Département Biologie Orale

Docteur en Chirurgie Dentaire

Spécialiste qualifié en Médecine Bucco-Dentaire

Master II Biologie et Santé – parcours « Immunité, Inflammation, Infection »

Université de Lille

Certificat d'Etudes Supérieures Universitaires de Prothèse Fixée – Université d'Aix-Marseille

C'est sans hésitation que vous avez accepté d'être membre à mon jury de thèse, et pour cela je vous en remercie.

Je vous remercie de votre bienveillance durant ce cursus, de votre pédagogie et de votre patience lors des vacations cliniques.

Je vous exprime aujourd'hui ma profonde gratitude.

Monsieur le Docteur Jordan QUERTAINMONT

Chef de Clinique des Universités – Assistant Hospitalier des CSERD

Section Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

Département Chirurgie Orale

Docteur en Chirurgie Dentaire

Spécialiste qualifié en Médecine Bucco-Dentaire

C'est avec spontanéité que tu as accepté de diriger ma thèse et je tiens à te faire part de ma profonde reconnaissance.

Je te remercie de m'avoir accompagné tout au long de ce travail, d'avoir pris le temps de me conseiller et de corriger cette thèse.

J'ai également apprécié ta gentillesse ainsi que ta patience durant les vacances que nous avons pu partager ensemble.

Je suis très heureuse de t'avoir eu comme directeur de thèse et te témoigne mon profond respect.

A mes proches,

TABLE DES ABRÉVIATIONS

CBCT : *Cone Beam Computed Tomography*

BIC : *Bone to Implant Contact*

BOP : *Bleeding On Probing*

PES : *Pink Esthetic Score*

PRF : *Platelet Rich Fibrin*

ISQ : *Implant Stability Quotient*

EVA : *Echelle Visuelle Analogique*

PPI : *Papillae Presence Index*

RPM : *Revolution Per Minute*

TABLE DES MATIÈRES

Introduction.....	15
1. Incidences de la chirurgie implantaire avec levée de lambeau.....	17
1.1. Conséquences osseuses.....	18
1.1.1. La réponse osseuse après élévation d'un lambeau muco-périosté.....	20
1.1.2. La réponse osseuse de la mise en place de l'implant à l'ostéointégration.....	21
1.2. Conséquences sur les tissus mous.....	23
2. Flapless technique.....	26
2.1. Généralités.....	26
2.2. Approches muqueuses.....	27
2.2.1. Poinçon gingival.....	27
2.2.2. Mini-incision.....	29
2.2.3. Forage transmuqueux.....	32
2.3. Approches osseuses.....	34
2.3.1. Extraction implantation immédiate.....	34
2.3.2. Chirurgie à main levée.....	37
2.3.3. Chirurgie guidée par ordinateur.....	38
2.3.4. Chirurgie guidée par robot.....	41
3. Avantages et limites de la chirurgie implantaire flapless.....	44
3.1. Les avantages de la flapless technique.....	44
3.1.1. Au niveau des tissus durs péri-implantaires.....	44
3.1.1.1. Préservation de la crête osseuse.....	44
3.1.1.2. Réduction de la résorption osseuse.....	44
3.1.1.3. Une ostéointégration améliorée.....	45
3.1.2. Au niveau des tissus mous péri-implantaires.....	46
3.1.2.1. Réduction du temps de cicatrisation des tissus mous.....	46
3.1.2.2. Diminution de l'impact sur la circulation sanguine.....	46
3.1.2.3. Formation d'un espace biologique péri-implantaire plus favorable.....	47
3.1.2.4. Diminution du saignement.....	47
3.1.3. Les avantages généraux.....	48
3.1.3.1. Réduction du temps opératoire.....	48
3.1.3.2. Faible morbidité et augmentation du confort du patient.....	49
3.1.3.3. Taux de survie élevé.....	49
3.2. Les limites de la flapless technique.....	50
3.2.1. Une technique à l'aveugle.....	50
3.2.1.1. Détermination du volume osseux disponible et de la forme de la crête osseuse.....	50
3.2.1.2. Impossibilité d'évaluer et traiter les défauts osseux.....	50
3.2.1.3. Difficulté à suivre l'axe de forage idéal et l'angulation idéale de l'implant.....	51

3.2.1.4. Risque d'endommagement des structures anatomiques adjacentes.....	52
3.2.2. Limites au niveau des tissus mous.....	52
3.2.2.1. Risque pour la gencive kératinisée.....	52
3.2.2.2. Impossibilité de manipulation de lambeau pour des raisons esthétiques.....	53
3.3. Comparaison des résultats esthétiques entre la flap et la flapless technique.....	53
Conclusion.....	56
Table des figures.....	58
Table des tableaux.....	59
Bibliographie.....	60

Introduction

L'Implantologie dentaire, depuis quarante ans, n'a eu de cesse de se démocratiser au sein des cabinets. Le nombre toujours plus important de praticiens effectuant des chirurgies implantaire témoigne de la fulgurante ascension de cette discipline. L'implant dentaire est aujourd'hui une référence en termes de solution thérapeutique pour pallier un édentement ou une agénésie dentaire.

Le concept d'ostéointégration est décrit depuis de nombreuses années, par le professeur Branemark notamment, connu comme le père fondateur de l'implantologie moderne.

Le bon ancrage de l'implant requiert :

- une préparation non traumatique des tissus mous et durs au niveau de la zone chirurgicale ;
- une préparation mécanique et chimique des implants ;
- la fermeture étanche du site implantaire pour isoler l'implant de l'environnement oral et de ce fait de toute contamination bactérienne jusqu'à la reformation d'une barrière biologique ;
- enfin une bonne hygiène orale pour éviter tout processus inflammatoire (1).

La chirurgie implantaire dite conventionnelle consiste en une élévation d'un lambeau de pleine épaisseur muco-périosté, afin de visualiser pleinement le site d'implantation.

La consultation pré-opératoire et la planification implantaire permettront d'évaluer tous les critères nécessaires avant l'intervention, tels que :

- la hauteur et la quantité osseuse rémanente ;
- les possibles défauts osseux ;
- la présence ou non de tissu kératinisé ;
- l'épaisseur de la muqueuse ;
- les défauts muqueux ;
- la proximité des éléments anatomiques adjacents ;
- la nécessité d'une reconstitution en hauteur ou largeur pré-implantaire, au cours de l'opération ou post-opératoire ;
- la demande esthétique et fonctionnelle.

Tout cela laisse place par la suite au temps opératoire. Ce temps opératoire consiste en une incision puis à l'élévation d'un lambeau de pleine épaisseur, le moins traumatique possible, permettant une bonne visibilité du site implantaire.

La première incision est horizontale et franche, avec des instruments tranchants afin de ne pas déchirer les tissus. Cette incision peut être complétée d'une incision secondaire verticale en fonction de la laxité nécessaire pour replacer ce lambeau

après l'opération, ainsi que la visibilité opératoire requise pour assurer des conditions opératoires optimales.

Plus la perte en tissu dur et tissu mou est avancée, plus il y a une nécessité de reconstruction. Ainsi le besoin de plus de laxité est nécessaire pour recouvrir les reconstructions potentielles et les possibles greffes osseuses effectuées.

L'amélioration fulgurante des techniques chirurgicales et des outils disponibles annexes avec l'essor de l'informatique et des logiciels disponibles ; ainsi que l'amélioration de la radiographie notamment grâce aux techniques en 3 dimensions ; a permis à la chirurgie sans lambeau ou dite *flapless* de faire son entrée au cours des années 2000. Contrairement à la chirurgie dite conventionnelle, cette approche ne nécessite pas de décollement muco-périosté pour accéder à la zone chirurgicale et permettre la mise en place implantaire.

Notre travail consiste en la description de cette technique sans lambeau, ses avantages et inconvénients. Ensuite, nous comparerons les résultats obtenus par cette approche aux résultats obtenus par la méthode conventionnelle.

1. Incidences de la chirurgie implantaire avec levée de lambeau







Avoir accès à l'os alvéolaire est une étape indispensable à la chirurgie implantaire. La chirurgie conventionnelle implantaire consiste à lever un lambeau après avoir réalisé une incision muqueuse pour accéder à l'os sous-jacent, puis forer au sein de cet os avec une séquence de forage habituelle. L'incision est dessinée en fonction de la localisation. Le nombre d'incisions est également un élément à prendre en compte.

Indépendamment du design et du nombre d'incisions réalisées, un lambeau doit toujours être réfléchi en fonction de la vascularisation, de l'inclusion ou l'évitement de la papille adjacente et de la nécessité ou non d'augmenter la laxité du lambeau. En utilisant un modèle animal, il a été montré qu'une base plus large était nécessaire afin de maintenir la perfusion du lambeau récliné (2).

L'ajout d'incisions secondaires verticales dépend de la nécessité d'augmenter la taille et la laxité du lambeau, et également de la nécessité d'une bonne visualisation de la zone chirurgicale.

Plus la perte en tissu dur et mou est grande en largeur et en longueur, plus la nécessité de reconstruction est nécessaire avec une fermeture sans tension. Lorsque des incisions secondaires sont effectuées, il faut au maximum, quand cela est possible, les localiser en dehors de toute zone esthétique (3). De nombreux designs sont possibles avec des incisions de décharges supplémentaires si nécessaire.

Tableau 1 : Différents designs de lambeaux (3)

Table 1. This Table Shows the Advantages and Disadvantages for Each of the Flap Designs			
	Design	Advantages	Disadvantages
Flapless		<ul style="list-style-type: none"> •Less invasive •Maintain tissue vasculature •No vertical incisions 	<ul style="list-style-type: none"> •Limited visibility •Potential to over-heat bone •Limited access to bone grafting/resection •Unless guided, placement can be compromised
Papilla-sparing flap		<ul style="list-style-type: none"> •No disruption of the papillae •Less interproximal bone loss •Slight/mod disruption of vasculature 	<ul style="list-style-type: none"> •Limited/no access to additional sites •Potential for scarring/clefting in keratinized gingiva •Crown lengthening not possible
Envelope flap		<ul style="list-style-type: none"> •No vertical incisions •Good approximation •Easy to modify 	<ul style="list-style-type: none"> •Limited access •Moderate disruption of vasculature •Increased risk for tension •Guided bone regeneration not possible
Triangular flap		<ul style="list-style-type: none"> •Adequate visibility •Less tension on closure •Easy to modify 	<ul style="list-style-type: none"> •Limited access •Increased tension when grafting •Potential for bone loss and recession •Increased disruption of blood supply
Trapezoidal flap		<ul style="list-style-type: none"> •Good visibility •Tension free closure •Good access to additional sites 	<ul style="list-style-type: none"> •Potential for bone loss and recession •Increased disruption of blood supply
Vestibular incision		<ul style="list-style-type: none"> •Less invasive •No disruption of papillae 	<ul style="list-style-type: none"> •Limited access •Low visibility

L'élévation de lambeau a de nombreuses conséquences sur les tissus durs et mous et impacte les résultats obtenus à la suite de la chirurgie.

1.1. Conséquences osseuses

En implantologie dentaire, la densité et la qualité de l'os est une information nécessaire à prendre en compte pour déterminer la future chirurgie implantaire à réaliser.

La classification la plus répandue pour les distinguer est celle de Lekholm & Zarb (4). Elle divise les os maxillaires et mandibulaires en quatre types en fonction de la densité osseuse :

- Le type I correspond à un os très dense, constitué presque exclusivement d'os cortical avec une résistance élevée au forage (région symphysaire mandibulaire) ;
- Le type II correspond à un os dense, un os cortical épais entourant un os spongieux à trabéculations denses, avec une résistance modérée au forage (secteur prémolaire maxillaire) ;
- Le type III correspond à un os de densité moyenne, un os cortical fin entourant un os spongieux à trabéculations denses, avec une résistance modérée à faible lors du forage (secteur prémolaire mandibulaire et antérieur maxillaire) ;
- Le type IV correspond à un os peu dense, un os cortical fin entourant un os spongieux peu dense, avec une résistance faible lors du forage (région postérieure maxillaire).

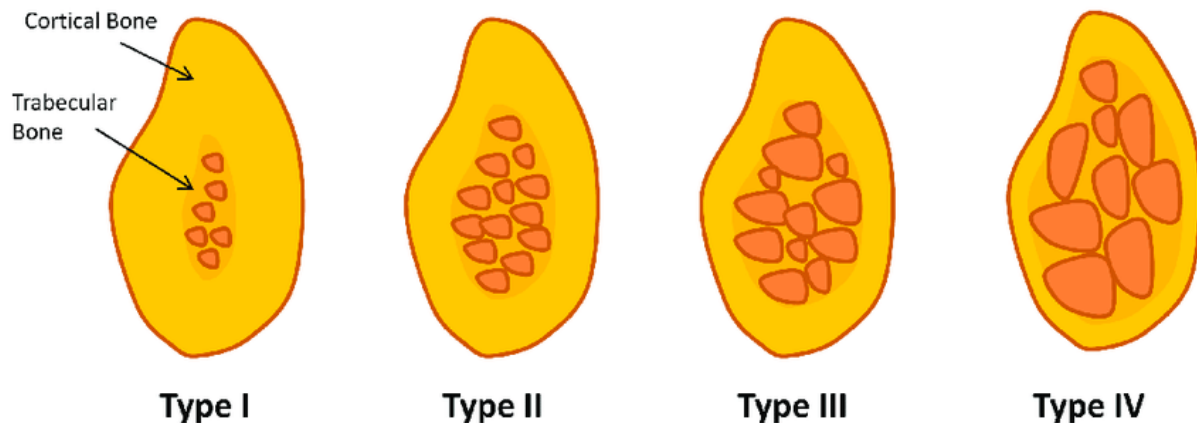


Figure 1 : Classification osseuse de Lekholm et Zarb (4)

Peu importe le type d'os, un processus de remodelage osseux et de cicatrisation a lieu constamment, en réponse à des stimuli. Ce processus dynamique permet à l'os de s'adapter aux contraintes mécaniques de son environnement, grâce à un équilibre subtil entre résorption osseuse avec les ostéoclastes et formation osseuse avec les ostéoblastes.

1.1.1. La réponse osseuse après élévation d'un lambeau muco-périosté

La vascularisation du parodonte provient à la fois des ligaments parodontaux, de la muqueuse et de son tissu conjonctif au-dessus du périoste, et directement de l'os. Le périoste et le plexus supra-périosté fournissent un potentiel ostéogénique ainsi que l'irrigation sanguine nécessaire à l'os alvéolaire sous jacent. Lors d'une levée de lambeau, l'os est dénudé, ce qui crée une rupture de l'apport vasculaire provenant de ce plexus. Il y a alors un changement au niveau de l'homéostasie osseuse vers un statut de catabolisme dominant, qui augmente l'activité des cellules ostéoclastiques et entraîne une résorption osseuse (5).

En implantologie, il existe une grande diversité de situations cliniques qui nécessitent une levée de lambeau de pleine épaisseur, comme une élévation de sinus, l'augmentation d'épaisseur d'une crête osseuse ou encore des situations complexes avec une forte demande esthétique. Il est toujours important de réaliser un lambeau qui permet une fermeture du site chirurgical sans tension.

Malgré un geste chirurgical parfaitement réalisé, des modifications tissulaires sont inévitables. La dissection du lambeau provoque une dévascularisation locale ce qui entraîne la diminution de l'apport en nutriments et en oxygène nécessaire à la survie des cellules osseuses. Le forage peut endommager également le tissu osseux environnant du fait de l'élévation de température qui peut, si elle n'est pas maîtrisée, entraîner une nécrose osseuse, des microfissures et affaiblir sa structure. Le tissu spongieux est particulièrement vulnérable à ces dommages en raison de sa structure poreuse et trabéculaire. En effet, les trabécules osseuses de l'os spongieux sont plus fines que celles de l'os cortical et donc plus susceptibles de se fracturer ou se déplacer sous l'effet d'une force ou d'un stress mécanique.

Wilderman et al. en 1970 ont montré sur modèle animal que :

- la résorption osseuse apparaît au bout de 2 à 3 semaines après la levée du lambeau muco-périosté ;
- le tissu ostéoïde néo-formé non calcifié est remplacé par un tissu intermédiaire au bout de 6 mois, puis par un tissu osseux mature à 18 mois ;
- une perte osseuse de 0,5 à 1mm de crête osseuse peut être associée à une faible épaisseur d'os post-opératoire ;
- de nouveaux faisceaux de collagène sont inclus dans le tissu ostéoïde au 2ème mois (6).

1.1.2. La réponse osseuse de la mise en place de l'implant à l'ostéointégration

Le remodelage osseux est un processus constant, qui permet de fournir une cicatrisation osseuse sans cicatrice et la régénération du tissu endommagé. Il faut cependant garder en tête que la macroarchitecture du tissu osseux diffère d'un site anatomique à un autre ce qui peut impacter le processus de cicatrisation.

Après la mise en place de l'implant, son ostéointégration est attendue. Ce processus biologique permet la liaison de l'implant à l'os de manière structurelle et fonctionnelle. Cela se produit grâce à la formation d'une interface os-implant directe et intime, sans interposition de tissu fibreux intermédiaire. Cette liaison osseuse est due à des réactions biochimiques et biologiques complexes qui se produisent au niveau de l'interface os-implant.

Il y a un contact initial entre un caillot sanguin et l'implant au niveau de l'espace entre l'implant et l'os péri-implantaire. Ce processus débute par l'adsorption des protéines de la matrice extracellulaire sur la surface de l'implant qui recrutent des cellules souches mésenchymateuses et des précurseurs de cellules osseuses, qui se différencient en ostéoblastes. Ces ostéoblastes sécrètent une matrice osseuse au niveau de la surface de l'implant, créant une liaison mécanique, solide et durable entre l'implant et l'os environnant.

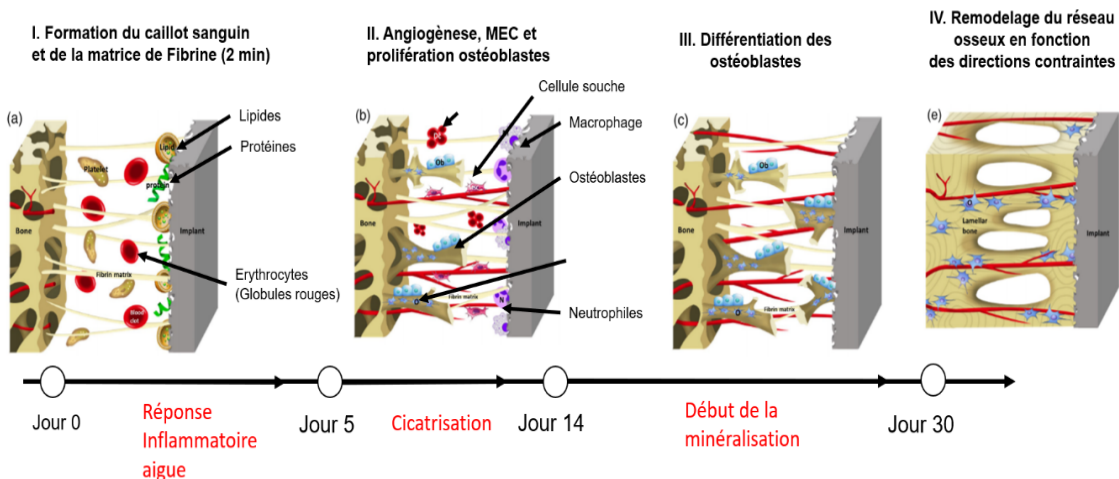


Figure 2 : Interactions biologiques os-implant après implantation (7)

Au niveau de l'os cortical, la régénération osseuse péri-implantaire est un processus relativement lent, qui repose sur le remodelage lamellaire. Au niveau de l'os trabéculaire, la régénération péri-implantaire implique le remodelage des trabécules osseuses existantes et la formation rapide de nouvelles trabécules via le recrutement de nouvelles cellules ostéogéniques (8). Ces cellules ostéogéniques proviennent de la surface des trabécules osseuses et de la moelle. L'os spongieux a donc une large surface osseuse en continuité avec le compartiment médullaire. La moelle osseuse contient des cellules mésenchymateuses non différenciées précurseurs des ostéoblastes, un riche réseau vasculaire qui apporte les ostéoclastes nécessaires au remodelage et des cellules endothéliales nécessaires à l'angiogénèse. Toutes ces propriétés permettent donc à l'os trabéculaire d'avoir une vitesse de remodelage plus élevée et d'avoir une cicatrisation péri-implantaire plus rapide (8).

Ce processus d'ostéointégration prend généralement entre 3 à 6 mois, en fonction de différents facteurs, tels que :

1. La qualité et la quantité de l'os : un os dense et en quantité suffisante favorise l'ostéointégration ;
2. La surface de l'implant : une surface rugueuse et poreuse permet une meilleure adhérence des cellules osseuses et facilite l'ostéointégration ;
3. L'immobilisation de l'implant : un implant bien immobilisé favorise la stabilité de l'os autour de celui-ci ;
4. Le respect des protocoles chirurgicaux : une chirurgie précise et aseptique permet de réduire les risques de complications et favorise l'ostéointégration.

Ces facteurs sont importants pour favoriser la réussite de l'ostéointégration et la durabilité de l'implant dentaire.

L'étude de Cardaropoli et al. en 2006 avait pour but d'évaluer les altérations dimensionnelles des tissus péri-implantaires après la pose d'un implant, sur une durée d'un an (9). Un protocole chirurgical en deux temps a été réalisé sur 11 patients en région maxillaire antérieure. Les dimensions osseuses ont été mesurées de manière directe après la pose de l'implant et au moment de la mise en place du pilier. Il a été observé :

- Une perte osseuse verticale vestibulaire et linguale entre 0,7 et 1,3 mm au moment de la pose du pilier. Il n'a pas été mis en évidence de changement significatif au niveau des sites proximaux.
- Une réduction de l'épaisseur osseuse vestibulaire de 0,4 mm entre le premier temps chirurgical de pose de l'implant et le second temps chirurgical.
- La radiographie a montré une perte osseuse de 0,9 mm entre la mise en place du pilier et la mise en place de la couronne qui a eu lieu un mois après ; puis une nouvelle perte osseuse de 0,7 mm après un an (9)

L'étude de Wadhwa et al. en 2015 a mesuré la perte osseuse suite à une levée de lambeau après la pose d'un implant pour remplacer la première molaire mandibulaire sur 16 personnes (10). Afin de mesurer la perte osseuse, le niveau osseux a été mesuré par radiographie rétro-alvéolaire le jour de l'intervention, à 3 mois, 9 mois et 15 mois. La mesure a été faite entre l'apex de l'implant et le niveau osseux marginal en distal et mésial. Une calibration du logiciel a été effectuée afin d'éviter toute erreur dans les valeurs obtenues. Une perte osseuse de $1,48 \pm 0,085$ mm en mésial a été mesurée en moyenne et une perte osseuse de $1,42 \pm 0,077$ mm en distal (10).

1.2. Conséquences sur les tissus mous

Lorsqu'une chirurgie implantaire conventionnelle est effectuée, un lambeau muco-périosté est levé. Il y a alors une séparation des tissus mous de la surface osseuse sous-jacente. Cette séparation provoque une interruption de la circulation sanguine et lymphatique de cette zone. Les fibres de collagène sont également endommagées lors de la dissection du lambeau, ce qui peut entraîner une rétraction des tissus mous après la chirurgie.

La cicatrisation parodontale consiste en un rapprochement de ces tissus préalablement décollés pour fermer le site chirurgical. C'est un processus dynamique qui intéresse l'ensemble des tissus de l'organisme et a pour but de restaurer leur anatomie et leur fonction. Contrairement au modèle cutané qui met en jeu des tissus de même nature, la cicatrisation parodontale est plus complexe car elle met en jeu des tissus biologiquement distincts, de fonction et texture différentes.

En général, il a été constaté que la muqueuse orale était moins sujette à la formation de cicatrices, potentiellement en raison du nombre réduit de macrophages dans les tissus et de la présence de facteurs de croissance dans la salive (11,12).

Berglundh et al. décrivent en 2007 la cicatrisation tissulaire et la morphogénèse des tissus péri-implantaires après une chirurgie implantaire avec élévation de lambeau. Ils se sont intéressés à la pose d'implants non enfouis en titane sur crête cicatrisée chez des chiens :

1. **Immédiatement** après le placement de l'implant, un coagulum sanguin prend place au niveau de l'interface implant-muqueuse.
2. À **J+4**, de nombreux neutrophiles infiltrent le caillot sanguin et un premier scellement muqueux est établi.

3. Quelques jours après, la quantité de leucocytes diminue dans la partie coronaire alors que les fibroblastes et le collagène dominant dans la partie apicale de l'interface implant-tissu.
4. À **2 semaines**, l'épithélium de jonction péri-implantaire commence à proliférer en direction apicale. Après 2 semaines, la muqueuse péri-implantaire est riche en cellules et vaisseaux sanguins. Il y a une adhésion de la muqueuse péri-implantaire à la surface implantaire via un tissu conjonctif.
5. À **4 semaines** de cicatrisation, l'épithélium de jonction a migré encore plus apicalement et occupe maintenant 40% de l'interface implant-tissu. Le tissu conjonctif est riche en collagène et fibroblastes et est bien organisé.
6. La migration apicale de cet épithélium de jonction péri-implantaire est terminée au bout de **6 à 8 semaines** et les fibroblastes forment une couche dense au niveau de la surface en titane de l'implant.
7. **Entre 6 et 12 semaines**, la maturation du tissu conjonctif a eu lieu et l'épithélium de jonction occupe désormais 60% de l'interface implantaire. Éloignés de la surface de l'implant, le nombre de vaisseaux sanguins est bas et les fibroblastes sont situés entre de fines fibres de collagène principalement disposées parallèles à la surface implantaire (13).

Dans la plupart des chirurgies, le lambeau est encore mobile et peut être délogé pendant les deux premières semaines, car l'adhérence aux tissus durs sous-jacents n'est pas encore optimale. Il est donc primordial de réaliser des sutures correctes afin de parfaitement stabiliser le lambeau et ne pas compromettre ou retarder la cicatrisation. En effet, la mobilisation du lambeau dans les premiers jours perturbe la disposition du caillot sanguin et des saignements peuvent avoir lieu au niveau des lignes d'incision. Il faut veiller à ce qu'aucune pression ni traumatisme mécanique ne soit exercé. Il faut également exclure toute tension intrinsèque par adaptation passive du lambeau.

Une fois la procédure chirurgicale réalisée, le lambeau muco-périosté est repositionné afin d'assurer une fermeture étanche du site et le protéger de l'environnement extérieur et d'une possible contamination bactérienne.

Il a été montré que les sutures exercent une influence néfaste sur la circulation sanguine du lambeau. Elles doivent être retirées en fonction de la situation clinique de chacun. Il faut faire attention au retrait trop précoce qui peut entraîner une déhiscence des extrémités de la plaie et influencer négativement le résultat obtenu (14). Il faut veiller également à ce que les sutures n'exercent pas de tension trop élevée sur les tissus mais doivent également ne pas être trop lâches afin de ne pas être tirées et entraîner des lacérations tissulaires qui peuvent retarder le processus de cicatrisation.

La plaque dentaire et les débris alimentaires doivent être délicatement nettoyés de la zone chirurgicale pour éliminer toute source possible d'inflammation supplémentaire et de contamination bactérienne, qui peuvent affecter l'ostéointégration de l'implant.

En conclusion, la chirurgie implantaire avec levée de lambeau a des conséquences significatives sur les tissus osseux environnants. Une planification minutieuse de l'intervention, une technique chirurgicale précise et la sélection d'implants adaptés peuvent aider à minimiser les dommages sur les tissus et réduire la perte osseuse. Une surveillance régulière de l'état de santé des implants et des tissus environnants est également importante pour détecter tout signe de complications précoces et permettre une prise en charge rapide et appropriée.

2. Flapless technique

2.1. Généralités

La chirurgie implantaire, *flapless*, désigne la procédure chirurgicale utilisée durant la préparation osseuse, l'ostéotomie, afin de permettre la pose de l'implant sans levée de lambeau.

La chirurgie *flapless* ne nécessite pas de décollement de la muqueuse gingivale pour permettre le forage de l'os et la mise en place de l'implant. Elle permet ainsi de laisser le tissu osseux au contact du plexus vasculaire supra périoste resté intact. Il n'y a pas de rupture des ponts vasculaires et cela permet de préserver la vascularisation de l'os sous jacent et ainsi son potentiel ostéogénique.

Chanavaz. en 1995, explique le rôle du périoste. Cette enveloppe externe recouvrant l'os est constituée de deux couches, une externe fibreuse et une couche interne cellulaire ayant pour rôle le remaniement osseux. Il s'intéresse à l'anatomie, à l'histophysiologie du périoste, décrit également les différents réseaux vasculaires et leur activité ostéogénique (15). Ainsi, le périoste assurerait 70 à 80 % de la vascularisation du cortex osseux. Il resterait donc seulement 20 à 30 % de la vascularisation qui proviendrait de la médullaire osseuse. Il faut cependant transcrire ces résultats à l'homme car cette étude expérimentale a été réalisée chez l'animal. Il faut également distinguer la structure osseuse mandibulaire de la structure osseuse maxillaire qui sont différentes (15).

L'étude de You et al. en 2009 avait pour but de comparer la morphogénèse de la muqueuse péri implantaire selon la méthode avec levée de lambeau et sans levée de lambeau au niveau de la canine mandibulaire (16). Cette étude réalisée sur des chiens a montré une différence de résultat entre ces deux techniques sur les différents critères évalués. La hauteur de la muqueuse, la longueur de l'épithélium de jonction, l'indice gingival, le *Bleeding On Probing* (BOP), la profondeur de poche ainsi que la perte d'os marginal étaient tous significativement supérieurs lorsque la pose de l'implant s'était faite avec une levée de lambeau comparativement à une *flapless* technique. Ils ont conclu que ces résultats obtenus peuvent être diminués si l'on a recours à une chirurgie *flapless*.

Il est également rapporté que la chirurgie *flapless* était moins traumatique pour le patient, plus rapide qu'une chirurgie classique avec levée de lambeau, causait moins d'œdème et douleurs post-opératoires et améliorerait le confort du patient (16).

Cependant la méta-analyse de Lin et al. en 2014 n'a pas pu montrer de différence significative entre une chirurgie avec et sans lambeau sur la perte osseuse marginale. Ils ont conclu que le choix de la méthode devait se faire en fonction du confort pour le patient, de la nécessité d'avoir un accès plus ou moins

grand, de la visualisation de la zone chirurgicale pour une augmentation de la crête osseuse et de l'expérience du praticien (17).

Une fois la décision prise de réaliser une *flapless* technique pour la pose d'implant, il faut également choisir la technique chirurgicale pour accéder à l'os. Ce choix est dépendant de l'os sous-jacent et de la stabilité primaire de l'implant.

2.2. Approches muqueuses

2.2.1. Poinçon gingival

Différentes procédures permettent d'accéder à l'os sous jacent sans décollement d'un lambeau. Nous allons d'abord évoquer le poinçon gingival également appelé *punch*. Cette technique est utilisée pour poser un implant en un seul temps chirurgical. Elle doit être utilisée quand la quantité de tissu kératinisé est au moins égale à 1,5 mm du côté vestibulaire après réalisation de ce poinçon pour éviter tout problème, notamment en zone esthétique (18). En effet, la préservation du tissu kératinisé n'est pas possible avec cette technique. Une muqueuse péri-implantaire large et épaisse est importante pour prévenir les possibles récessions et maintenir l'état péri-implantaire. Avec cette approche, il n'y a pas d'interruption de l'apport vasculaire du tissu périphérique et l'intégrité de la papille dentaire est préservée.

Les poinçons ont montré un véritable intérêt dans la réduction des douleurs postopératoires, la préservation de l'architecture tissulaire, la réduction du temps opératoire et la réduction des cicatrices péri-implantaires (19).

Ce poinçon est réalisé de manière simple, généralement grâce à un mucotome à micromoteur, un emporte pièce permettant l'excision d'un diamètre de tissu mou correspondant au diamètre de l'implant. L'excision est réalisée jusqu'au contact du tissu osseux. Il peut également être réalisé grâce à un bistouri manuel à lame circulaire (20).

Il existe différents diamètres de mucotomes en fonction du diamètre de l'implant choisi. L'éviction est réalisée par un mouvement de pression-rotation du mucotome monté sur contre-angle, le tout tournant à faible vitesse, environ 100 RPM afin d'éviter toute surchauffe des tissus (21).



Figure 3 : Mucotomes à micromoteur, de la gauche vers la droite, diamètre de 3 mm, 4 mm, 5 mm (22)

Concernant le diamètre à utiliser, les avis dans la littérature sont mitigés. Toujours d'après Lazrak, il faudrait choisir un diamètre de 0,5 à 1 mm supérieur au diamètre de l'implant pour ne pas léser la gencive et ne pas la toucher lors de l'insertion de l'implant, afin de ne pas interposer de tissu muqueux entre l'implant et l'os (21).

A l'inverse, Lee et al. en 2010 ont comparé l'impact du diamètre du *punch* par rapport à l'implant et l'incidence sur la cicatrisation osseuse et muqueuse (22). Ils ont posé 3 implants de 4 mm de diamètre ainsi que leur vis de cicatrisation respective de 4,5 mm. L'accès osseux a été réalisé grâce à 3 *punchs* de diamètre croissant : 3 mm, 4 mm et 5 mm. Ils ont observé une augmentation de la longueur de l'épithélium de jonction et de la profondeur de sondage lorsque l'exposition osseuse était faite avec un *punch* de 5 mm comparé à un *punch* de 3 mm et 4 mm. Ils expliquent ces résultats par l'espace trop important entre le col de l'implant et la muqueuse. Cela entraînerait un retard de cicatrisation de la muqueuse péri-implantaire.

Il serait donc recommandé d'utiliser un *punch* de diamètre légèrement inférieur à l'implant pour favoriser le contact entre la muqueuse péri-implantaire et l'implant afin d'obtenir une meilleure cicatrisation (22).

D'après Bayounis et al. en 2011, il ne faudrait pas utiliser un *punch* tissulaire plus large que le diamètre de l'implant car cela compromettrait le résultat de la procédure d'implantation (23).

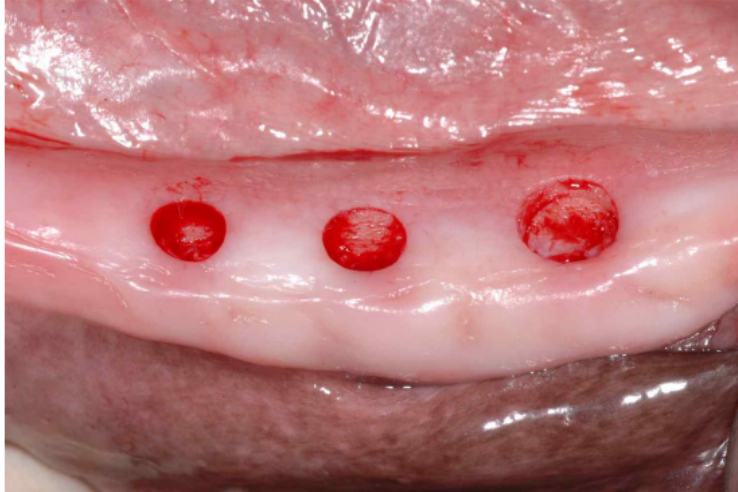


Figure 4 : Muqueuse gingivale après poinçonnage avec mucotomes de 3 mm, 4 mm, 5 mm (22)

A la suite de ce poinçon, la mise en place implantaire se réalise avec une séquence instrumentale similaire à la chirurgie implantaire conventionnelle. Il y a le passage d'un foret pointeur (ou d'une fraise boule) pour perforer la corticale osseuse puis ensuite le passage de forets de diamètre croissant qui correspondent au diamètre de l'implant. L'implant est par la suite inséré dans le puits de forage. Du fait de l'élimination de ce poinçon gingival, il n'est pas possible d'enfourer l'implant. Après la pose de l'implant, la vis de cicatrisation est ensuite placée directement.

Cette technique ne peut donc pas être utilisée dans le cas où un enfouissement est nécessaire. Nous pouvons, dans le cas échéant et si les conditions sont regroupées, utiliser la méthode de la mini-incision qui est décrite ci-dessous.

Même si cette technique a de nombreux avantages et un protocole simple à mettre en place, le succès de cette approche requiert un jugement clinique avancé et l'expérience d'un praticien expérimenté du fait de l'absence de visibilité.

2.2.2. Mini-incision

La technique de la mini-incision est préférée dans les zones avec une insuffisance de muqueuse kératinisée. Idéalement, il faudrait 1,5 mm de tissu kératinisé au niveau de la face vestibulaire de la vis de cicatrisation. La mini-incision est bénéfique pour préserver la muqueuse kératinisée. Des petites incisions d'environ 5 mm de longueur sont réalisées afin de permettre le passage des forets et de l'implant. De petites sutures sont réalisées par la suite pour refermer le site implantaire.



Figure 5 : Mini-incisions crestales de 5 mm de longueur (24)

Dans certaines situations, un implant peut ne pas être stabilisé après sa pose dans l'os. Un implant non enfoui avec une faible stabilité primaire peut ne pas cicatriser. Tout implant non stabilisé de manière suffisante lors de sa pose doit être enfoui durant la cicatrisation. Cela permet de réduire les micro mouvements possibles et la perte précoce de l'implant. Par conséquent, la mini-incision peut être utilisée pour les implants maxillaires postérieurs notamment afin de placer l'implant sous les tissus mous (18).

Elle peut également être utilisée chez un patient avec une qualité osseuse moindre qui ne permet pas sa stabilisation primaire.



Figure 6 : Implant postérieur maxillaire enfoui selon la technique de la mini-incision (18)



Figure 7 : Implant maxillaire enfoui sous les tissus mous (18)

Cette technique présente plusieurs avantages :

- elle permet la préservation du tissu kératinisé
- elle est utilisée pour une approche en un temps chirurgical ou deux temps.

Les implants peuvent être enfouis ou non en fonction de la situation clinique.

Cependant, comme les autres méthodes de la *flapless* technique, elle ne permet pas la visualisation des structures sous-jacentes. Si l'implant a été enfoui, il est alors nécessaire d'intervenir une seconde fois pour l'exposer..

Le choix entre la méthode du poinçonnage et la méthode de la mini-incision se fait selon les critères suivants, d'après Choi et al. en 2010 (18) :

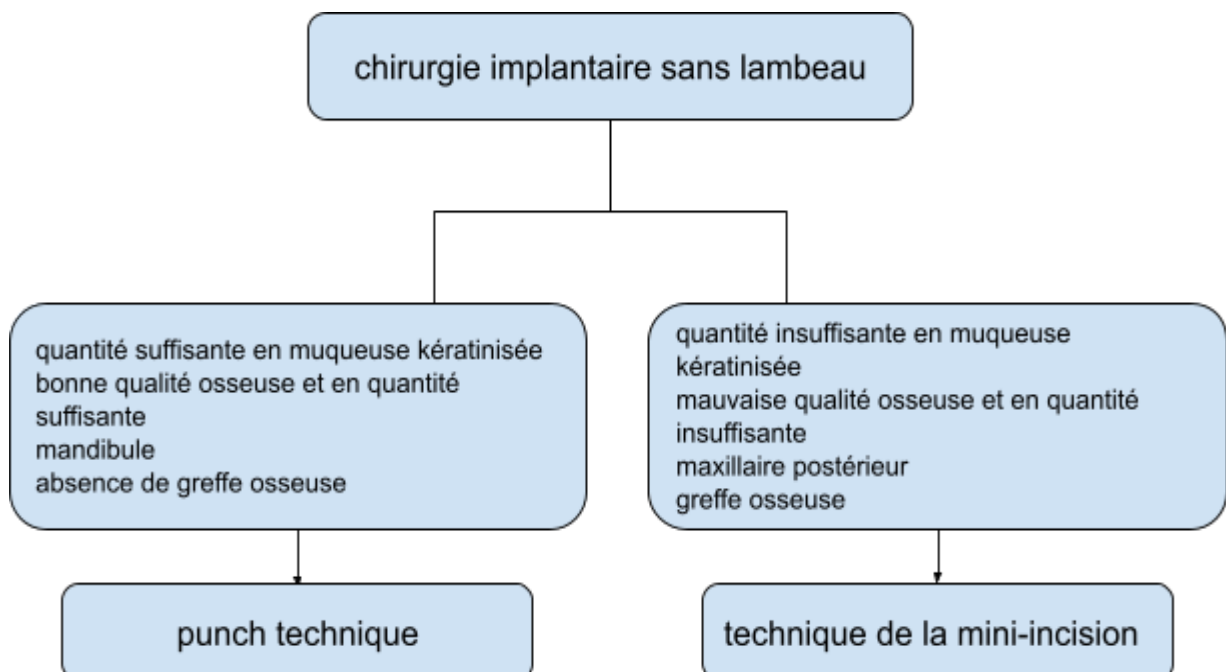


Figure 8 : Choix entre le punch technique et la mini-incision (18)

2.2.3. Forage transmuqueux

Cette technique consiste à marquer la zone édentée en utilisant, par exemple, un guide chirurgical. Le forage osseux se fait classiquement avec des forêts implantaires, directement en traversant le tissu mou. Il faut au préalable sonder la hauteur de la gencive jusqu'au contact osseux. Le sondage se fait grâce à des sondes graduées sous anesthésie. La difficulté réside dans le fait qu'il est plus difficile d'apprécier le degré d'enfouissement de l'implant. Ce sondage permet de calculer la hauteur de tissu mou afin de l'ajouter à la distance de forage nécessaire (25).



figure 9 : Détermination de l'épaisseur de la muqueuse gingivale au futur site d'implantation (26)

Bayounis et al. ont étudié les conséquences de différentes techniques implantaires sur la réponse osseuse (23). Cette étude a été menée sur dix chiens sur lesquels les extractions dentaires des deuxièmes et troisièmes prémolaires mandibulaires ont été réalisées. Chaque chien a reçu 2 implants, un au niveau de chaque secteur de la mandibule. Les sites extraits ont ensuite été refermés par des sutures. Il y a eu une temporisation de 3 mois pour attendre la cicatrisation. 30 implants ont été posés au total. Tous étaient non enfouis et positionnés à la même profondeur. Ils ont été posés selon 3 techniques chirurgicales :

- la méthode conventionnelle avec levée de lambeau ;
- la méthode avec poinçon ;
- la méthode par forage transmuqueux.

Les résultats de cette étude ont montré que le forage transmuqueux ne forçait pas le tissu muqueux dans l'os.

Le *Bone to Implant Contact* (BIC) décrit la quantité de surface implantaire en contact avec l'os et est exprimé en pourcentage. Il a été mesuré dans cette étude comme le pourcentage de la longueur de l'implant où il y avait une liaison directe os-implant sans interposition de tissu mou.

Le BIC ainsi que la perte osseuse marginale affectent le pronostic final de ces implants. Il fournit des informations sur la capacité d'ostéointégration d'un matériau implantaire et est considéré comme un déterminant majeur de la stabilité après la cicatrisation initiale. De plus, la structure osseuse influence le BIC. Un implant posé dans un os trabéculaire aura un pourcentage moins élevé qu'un implant posé dans un os compact. Ce pourcentage évolue en fonction de l'ostéointégration. Normalement, le pourcentage doit augmenter surtout dans le cas d'un os trabéculaire. Pour un os compact, le pourcentage augmente légèrement ou reste stable.

D'après cette étude, le forage direct à travers la muqueuse gingivale n'a pas compromis le niveau osseux crétal, le contact implant-tissu osseux, et la stabilité de l'implant. Le BIC n'a pas été compromis.

L'étude menée par Wittwer et al. en 2006 a évalué la fiabilité de la méthode transmuqueuse sans levée de lambeau ni poinçonnage muqueux (27). 78 implants ont été posés sur 20 patients au niveau des crêtes édentées mandibulaires. La pose a été réalisée sans aucune préparation muqueuse préalable. Ce protocole a été réalisé avec le système StealthStation Treon® pour le forage guidé par ordinateur. Il a pu être mis en évidence un taux de survie de 97,5% avec seulement deux implants qui n'ont pas acquis de stabilité primaire et une absence d'ostéointégration. Ils ont pu conclure à une fiabilité de la méthode de forage transmuqueux avec assistance guidée par ordinateur sans préparation muqueuse. Il fallait cependant que les situations cliniques soient adaptées ainsi que la morphologie des crêtes résiduelles car aucune visibilité n'était possible avec cette technique (27).



Figure 10 : Forage transmuqueux (27)

2.3. Approches osseuses

La méthode d'accès à la crête osseuse est choisie selon la situation clinique, afin d'obtenir le meilleur résultat possible.

2.3.1. Extraction implantation immédiate

Dans cette ère de conservation tissulaire, l'extraction implantation immédiate s'inscrit dans une démarche de préservation et d'optimisation du potentiel osseux.

L'extraction implantation immédiate consiste à implanter l'implant dans l'alvéole directement après l'extraction de la dent résiduelle.

Cette intervention se réalise en un seul temps opératoire. Cela permet de réduire le temps de la réhabilitation implantaire et prothétique. Elle permet de préserver l'intégrité de l'os alvéolaire, d'améliorer le processus de guérison et les résultats esthétiques lorsque, dans les cas favorables, la pose d'une couronne transitoire est réalisée.

Cependant, des avis divergents existent sur la résorption osseuse. Certaines études sont en faveur de la préservation tissulaire contrairement à d'autres qui parlent de résorption osseuse malgré l'implantation immédiate (28). Il semblerait malgré tout que l'implantation immédiate de l'implant ne permette pas d'anticiper la résorption osseuse.

La revue de Ragucci et al. en 2020 a décrit une lyse osseuse moyenne de 1.29 mm ± 0.24 mm en secteur postérieur (29). Ces résultats sont comparables à ceux de l'étude réalisée par Cosyn et al. en 2011 où 30 patients se sont vu poser des implants immédiatement après extraction en secteur antérieur. La moyenne de perte osseuse marginale était de 1 mm (30).

Le taux de survie de l'extraction implantation immédiate en secteur molaire après une période minimale de 1 an était de 96,6% dans la revue de Ragucci et al. 2020 (29). Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Lang et al. en 2012. Des implants avaient été placés immédiatement en secteur antérieur. Le taux de survie était de 98,4% après un suivi de 2 ans (31).

Un traitement réussi doit être considéré lorsque l'implant est préservé de toute complication technique et/ou biologique, avec des résultats esthétiques satisfaisants.

D'après Lee. en 2021, les principes de base de l'extraction implantation immédiate sont :

- une extraction atraumatique de la dent ;
- une chirurgie sans lambeau ou avec une levée minimale de lambeau ;
- un comblement osseux entre la paroi interne de l'alvéole et l'implant ;
- et enfin le recouvrement avec les tissus mous ou une membrane (32).

Il est important de préserver la papille interdentaire au maximum pour minimiser les récessions gingivales et optimiser les résultats esthétiques. Pour ce faire, il faut réaliser une extraction la moins traumatique possible, qui permet également une perte osseuse marginale moindre. Cela permet l'obtention de meilleurs résultats esthétiques et fonctionnels.

Une problématique majeure de cette implantation immédiate est l'obtention d'une stabilité primaire de l'implant posé.

En secteur antérieur, les résorptions osseuses ont lieu majoritairement en vestibulaire de la zone édentée. Le forage pour l'implant se fait légèrement décalé en palatin pour éviter toute exposition de l'implant. Le forage se fait également au-delà de l'apex de la dent pour espérer obtenir une stabilité primaire de l'implant. Du fait de la position palatine de l'implant, un espace entre l'implant et la partie vestibulaire de l'alvéole se crée. Il peut alors être mis en place des méthodes de comblement osseux ou régénération osseuse.

En secteur postérieur, la stabilité primaire est obtenue grâce à l'os septal quand cela est possible et grâce à l'os apical. Cependant, les situations cliniques qui mènent à l'extraction-implantation immédiate font qu'il y a souvent une lyse osseuse au site implantaire en raison d'infection radiculaire. Des techniques de préservation alvéolaire et des procédures d'augmentation osseuse autour de l'implant peuvent également être mises en place.

Ces comblements osseux permettent de limiter la résorption osseuse (33). Nevins et al. en 2006 ont estimé que la résorption osseuse était réduite de 20% au niveau des zones où des biomatériaux tel que le Bio-Oss® avaient été utilisés (34). Noelken et al. en 2018 ont rapporté que l'implantation immédiate complétée d'une greffe osseuse autogène permettait d'obtenir des résultats stables sur le taux de survie des implants et sur les résultats esthétiques durant la durée de l'étude de cinq ans. La hauteur de l'os marginal avait diminué de moins de 1 mm de résorption, sans que cette réduction n'affecte le *Pink Esthetic Score* (PES) (35).

Lorsqu'un comblement osseux est effectué en même temps que l'implantation, il faut s'assurer du bon recouvrement hermétique de la greffe par les tissus mous ou par une membrane. Il faut réaliser un lambeau pour permettre de tirer les tissus et recouvrir l'implant et le comblement. Si la décision est prise de ne pas réaliser de lambeau, il est préférable de recouvrir avec une membrane résorbable pour ne pas réintervenir sur le site. Une membrane de *Platelet Rich Fibrin* (PRF) peut être utilisée pour le maintien de la greffe osseuse car c'est une matrice autogène capable de faciliter la prolifération et migration cellulaire, l'angiogénèse et en prévention d'infection (36).



Figure 11 : Implant remplaçant la dent 26 avec défaut osseux (36)



Figure 12 : Bio-Oss Collagen® et PRF mis en place dans l'espace entre l'implant et les parois alvéolaires (36)

2.3.2. Chirurgie à main levée

La chirurgie implantaire dite à main levée, est réservée à certaines situations cliniques favorables. Elle doit être utilisée dans le cas d'une crête osseuse large, sans complexité anatomique du fait de l'absence de visualisation des tissus durs sous-jacents. Cet accès osseux se fait à l'aide du poinçonnage, de la mini-incision ou du forage direct à travers la muqueuse.

L'étude de Choi et al. en 2017 a comparé la position et l'angulation de 450 implants posés à main levée sur 251 patients, par un même praticien, sur une durée de 4 ans. Un *Cone Beam Computed Tomography* (CBCT) avant chaque opération, une planification implantaire et des radiographies péri-apicales post-opératoires ont été réalisées (37). L'écart angulaire moyen mésio-distal entre la position idéale et la position réellement obtenue était de $5,43 \pm 4,57$ degrés. L'écart moyen de positionnement mésio-distal de l'implant entre la planification et le résultat chirurgical obtenu était de $1,13 \pm 1,48$ mm.

Ils ont conclu que la chirurgie à main levée était très opérateur-dépendant. L'expérience du praticien ainsi que l'anatomie et la largeur de la crête édentée, la présence d'implants adjacents étaient également des facteurs influençant la précision de cette chirurgie à main levée (37).

L'étude de Schnutenhaus et al. en 2021 a montré qu'il y avait, après la pose de l'implant, des déviations dans les différents plans par rapport à la simulation initiale. La moyenne de déviation d'angle était de 9.9° , la moyenne de déviation coronaire était de 2.77 mm et la moyenne de déviation apicale de 2.91 mm. Il a également été observé une déviation plus importante en fonction de la mâchoire où était posée l'implant. En mandibulaire, la déviation des axes de pose était plus importante qu'en maxillaire. Cela pourrait être problématique pour la restauration prothétique car si l'axe de l'implant est trop dévié, cela pourrait engendrer des complications par la suite (38).

C'est pour ces raisons que cette méthode doit être utilisée par un praticien expérimenté, uniquement lorsque toutes les conditions nécessaires sont réunies, en parallèle d'une bonne analyse clinique et radiographique dans les 3 dimensions. Il faut préférentiellement utiliser la chirurgie *flapless* à main levée lors d'implants uniques encastrés et utiliser la chirurgie guidée dans les cas plus complexes avec plusieurs implants en secteur édenté.

2.3.3. Chirurgie guidée par ordinateur

La chirurgie guidée par ordinateur est une méthode qui s'inscrit dans l'ère de l'implantologie moderne de ces dernières années. Elle permet de simuler très précisément la position et l'angulation optimale de l'implant en fonction des différents éléments anatomiques pour obtenir les meilleurs résultats esthétiques et fonctionnels à long terme.

L'étude de Berdugo et al. en 2010 a conclu que la chirurgie *flapless* guidée par ordinateur était possible même si les conditions anatomiques initiales n'étaient pas favorables (39).

Une analyse précise des tissus mous et durs à l'examen clinique et un examen radiologique de type CBCT permettent de visualiser les différents éléments anatomiques importants à prendre en compte tels que :

- les sinus maxillaires ;
- les dents adjacentes ;
- le canal palatin antérieur ;
- le canal du nerf alvéolaire inférieur ;
- le trou mentonnier ;
- les possibles variabilités osseuses des secteurs à implanter ;
- la forme, l'épaisseur et la hauteur de la crête.

L'analyse par les logiciels 3D permet une planification implantaire précise. L'espace disponible pour l'implant, la distance le séparant des éléments adjacents et l'angulation idéale de pose sont calculés. Une banque de données est disponible avec différents implants, selon leur marque, leur diamètre et leur taille. Cela permet de choisir la pièce implantaire qui correspond le mieux à la situation clinique et de laisser une marge de sécurité. Différents logiciels de planification implantaire sont utilisés.

Il existe aussi des systèmes chirurgicaux statiques et dynamiques pour permettre de transférer la simulation informatique au patient. Le système statique est le guide chirurgical généralement réalisé au laboratoire. Le système dynamique quant à lui utilise la mécanique ou l'optique pour afficher l'action en temps réel sur un moniteur (40). Les guides chirurgicaux sont pour le moment utilisés en majorité du fait de leur moindre coût.

Les guides chirurgicaux sont de trois sortes, classés en fonction du tissu d'appui :

- **le guide à appui dentaire ;**
- **le guide à appui muqueux ;**
- **le guide à appui osseux.**



Figure 13 : Guide chirurgical à appui dentaire, muqueux et osseux (41)

Ces dernières années, plusieurs études ont évalué la précision de la chirurgie *flapless* guidée. Certains auteurs ont conclu qu'il n'y a toujours pas de véritable preuve de sa supériorité par rapport à la méthode conventionnelle en termes de sécurité, résultats et efficacité (42).

Velasco-Ortega et al. ont conduit une étude en 2021 sur 12 femmes et 10 hommes, âgés de 62 à 77 ans, dans laquelle ils ont réalisé une réhabilitation implantaire complète mandibulaire de chaque patient. Un total de 198 implants ont été posés. Tous les implants ont été posés par chirurgie *flapless* planifiée par logiciel sur ordinateur après radiographie par CBCT. Cela a permis au chirurgien de réduire tout risque d'endommager les structures adjacentes, surtout en mandibulaire avec le peu d'os résiduel. Un guide chirurgical a ensuite été réalisé et fixé en bouche par 2 vis afin d'éviter tout mouvement pouvant entraver la précision chirurgicale. Un taux de survie de 97,5% a été obtenu. 5 implants ont été perdus et des complications post-opératoires concernaient 10 patients avec une péri-implantite (43). Les résultats de plusieurs études semblent confirmer les preuves issues de la littérature concernant la chirurgie implantaire guidée sans lambeau comme étant simple, sûre et prévisible (44).

Dioguardi et al. dans leur récente revue en 2023 ont confirmé la fiabilité de cette méthode. Si les différentes étapes étaient suivies méticuleusement, cela permettrait d'éviter déplacement du guide chirurgical et l'accumulation d'erreurs (45). Comme rapporté par l'étude de Marra et al. en 2013, le point clé est le positionnement du guide au début de la chirurgie et l'utilisation de plus de 3 pins afin d'améliorer sa stabilisation. Pour minimiser le positionnement incorrect des implants par déformation locale des tissus, la majorité de l'anesthésie locale devrait être administrée après le positionnement du guide, en particulier l'anesthésie du côté palatin (46).

Dans la revue de Van Assche et al. en 2012, la précision du système d'implantologie guidée était mise en évidence, avec une erreur moyenne dans le sens vertical de 0,5 mm et 1,2 mm dans le sens horizontal (47).

La pose guidée de l'implant est plus coûteuse en raison du coût du logiciel, de la duplication et du scanner de la prothèse, du guide chirurgical et du temps de planification. Cependant, l'ensemble de la procédure, de l'étape chirurgicale à la restauration prothétique finale, est moins invasive que le protocole standard avec un temps opératoire réduit et un confort augmenté pour le patient (48).

À l'inverse, la chirurgie *flapless* à main levée sans guide augmente le risque de malposition de l'implant et de déhiscence ou perforation apicale de l'os. L'étude menée par Van de Velde et al. en 2008 illustre cela : des modèles en résine radio-opaques avec du silicone imitant les tissus mous et des édentements encastrés ont été distribués à 18 praticiens avec différents niveaux en implantologie (spécialistes en chirurgie implantaire, omnipraticiens et étudiants en chirurgie dentaire). Il leur a été demandé de réaliser une chirurgie *flapless* pour remplacer les dents manquantes. Il a été mis à leur disposition un logiciel de planification implantaire pour déterminer la position idéale des implants, mais aucun guide chirurgical n'a été fourni. Les résultats n'ont pas montré de différence significative entre les différents praticiens. Des malpositions implantaires et des perforations du modèle ont été constatées dans 59,7% des cas (49).

La planification tridimensionnelle par logiciel joue un rôle clé dans l'évaluation de l'intégrité et l'épaisseur de la crête osseuse. Le système de positionnement virtuel permet de gérer la bonne orientation des appareils et évalue le lien entre le diamètre de l'implant, la distance entre les implants et les murs osseux vestibulaire et lingual.

Selon la revue de Hultin et al. en 2012, les complications per-opératoires ont inclut un mauvais enregistrement de la relation intermaxillaire causant des erreurs, une difficulté à utiliser le guide chirurgical du à une ouverture buccale insuffisante, un guide chirurgical mal ajusté, la fracture du guide chirurgical ou encore une insuffisance de stabilité primaire de l'implant (50).

Ces logiciels de planification implantaire peuvent également être un moyen de communication avec le patient afin d'expliquer le projet implantaire et augmenter la compréhension et l'adhésion de ce dernier.

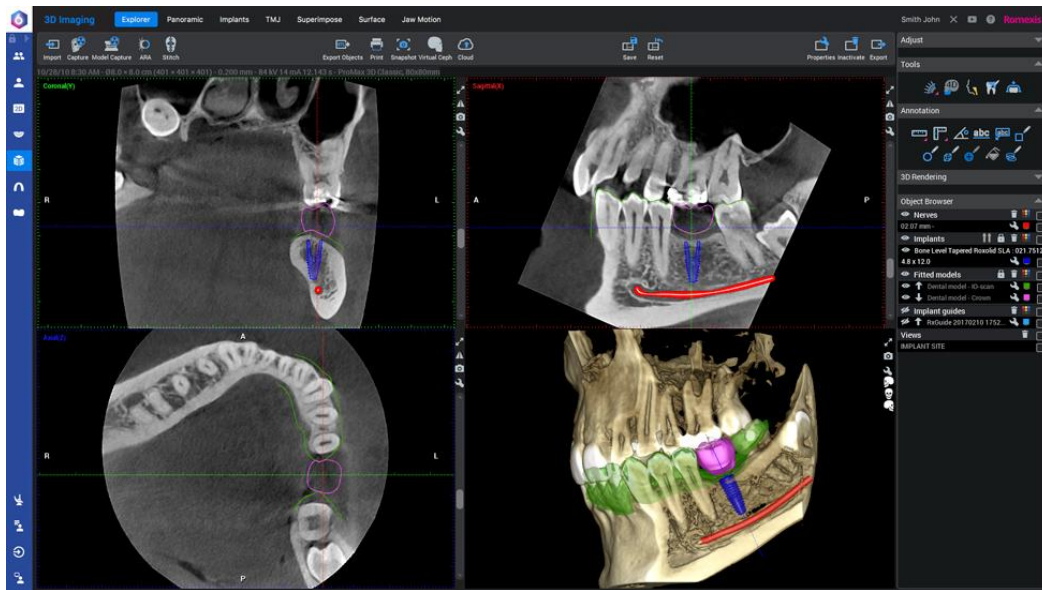


Figure 14 : Logiciel de planification implantaire Planmeca Romexis® 3D (51)

Il semble évident que l'utilisation de ce type de programme améliore la précision des chirurgies implantaires. Par conséquent, une planification implantaire est nécessaire pour limiter au maximum les complications implantaires et prothétiques per et post-opératoires.

2.3.4. Chirurgie guidée par robot

Les systèmes robotisés ont émergé en implantologie ces dernières années en raison de leur grande précision. Ces systèmes utilisent une technologie qui permet de guider le praticien lors du forage et du positionnement de l'implant pour une meilleure précision.

Ces systèmes permettent, lorsque les conditions sont réunies, de réaliser la chirurgie sans lambeau, d'améliorer le confort du patient et les suites post-opératoires.

Les systèmes dynamiques ont des avantages en matière de précision, de rapidité d'exécution et permettent de réajuster la position durant la chirurgie. L'étude de Wang et al. en 2022 a conclu en une plus grande précision pour les systèmes dynamiques et a rapporté que la morphologie osseuse exerçait moins d'influence sur le positionnement de l'implant comparée aux systèmes statiques (52).

L'objectif est d'étendre l'utilisation du numérique à la phase de l'acte opératoire, auparavant utilisé uniquement jusqu'à la réalisation des guides chirurgicaux.

En robotique implantaire, il y a deux concepts majeurs : la robotique semi-active et la robotique passive. La robotique active existe aussi mais n'est pas utilisée en implantologie dentaire. Elle désigne la substitution complète du praticien par le robot durant la chirurgie. Le robot pourrait être programmé avant l'opération grâce à une planification pré-opératoire, ou directement durant cette dernière par le praticien (53).

La robotique **semi-active** utilise des guides chirurgicaux pour guider la séquence de forage. Ils sont fabriqués après la planification implantaire mais ont besoin d'être positionnés correctement en bouche et d'être fixés pour assurer une fiabilité lors du positionnement de l'implant. Le praticien réalise l'acte (54).

La robotique **passive**, encore appelée système de navigation dynamique, est une technologie qui guide en direct de manière numérique le praticien, qui conserve la maîtrise de son geste lors de l'acte opératoire. Le système pionnier fut le système Robodent®. Il fonctionne comme un GPS et guide le chirurgien durant le forage grâce à des cibles sur un écran d'ordinateur. Il permet de visualiser de manière précise dans les trois plans de l'espace la position du contre angle avec les forêts et de l'implant pour se rapprocher au maximum de la position déterminée lors de la planification implantaire.

De nombreux systèmes sont disponibles sur le marché notamment le système X-Guide®. Ce système comporte une fonctionnalité pour la planification implantaire et une autre fonctionnalité pour la chirurgie. Un dispositif appelé X-Clip est inséré en bouche pour faire le lien entre le robot et le patient. Un système de "trackers" au niveau du patient et de la pièce à main chirurgicale est détecté par un dispositif de caméra télémétrique. Le praticien peut en temps réel voir la position et l'axe de ses forêts ainsi que l'implant directement sur l'écran grâce à des cibles. Le chirurgien doit s'assurer du parfait fonctionnement du système avant son utilisation (54).

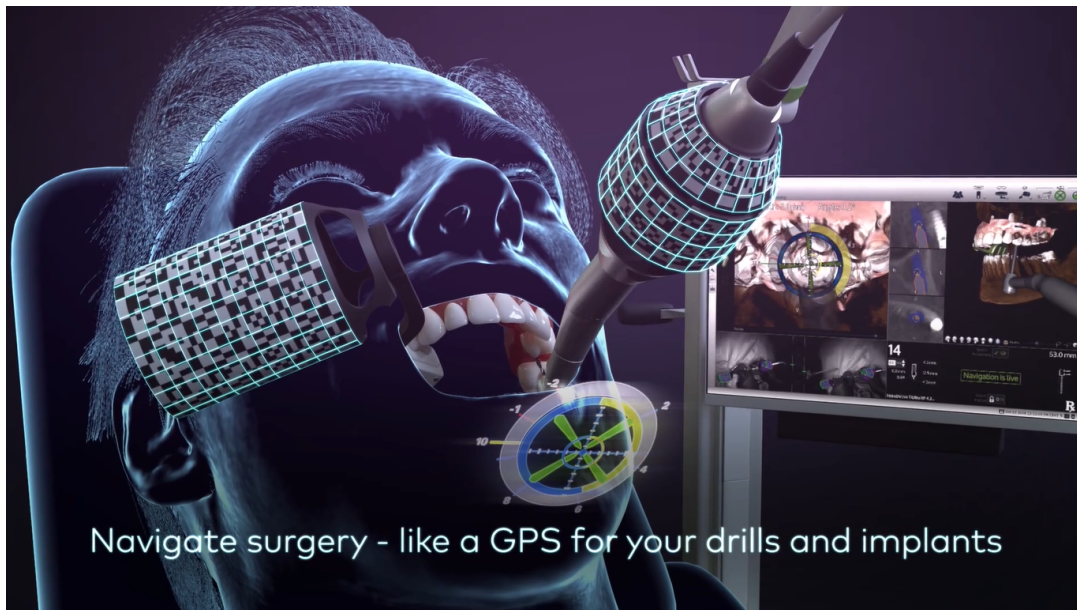


Figure 15 : Système de navigation X-Guide®, Nobel Biocare (55)

L'avantage de ce type de dispositif est la possibilité de rectifier sa trajectoire en direct. Le site opératoire est dégagé et donne alors au praticien une bonne visibilité pour effectuer au mieux son geste chirurgical.

Un apprentissage de l'utilisation de cet outil est essentiel car il nécessite de regarder et suivre les cibles affichées sur le moniteur plutôt que le contre angle. L'utilisation peut être délicate au début. Le coût de ces dispositifs reste également très élevé, ce qui les rend encore peu démocratisés en cabinet dentaire.

3. Avantages et limites de la chirurgie implantaire flapless

La chirurgie implantaire sans levée de lambeau possède ses avantages mais également ses limites. Il est important de garder cela à l'esprit pour réaliser des actes chirurgicaux dans les meilleures conditions possibles et d'utiliser les techniques adéquates, adaptées aux situations cliniques variées.

3.1. Les avantages de la flapless technique

3.1.1. Au niveau des tissus durs péri-implantaires

L'absence de réalisation d'un lambeau muco-périosté lors de la chirurgie implantaire a des avantages sur les tissus durs péri-implantaires.

3.1.1.1. Préservation de la crête osseuse

L'étude systématique de Lee et al. en 2018 avait pour objectif de comparer la préservation de la crête osseuse en largeur et en hauteur ainsi que la préservation de l'épaisseur de la muqueuse kératinisée. Ils ont conclu que la procédure sans levée de lambeau permettait une meilleure préservation de la largeur et de l'épaisseur de la crête osseuse (56).

Cependant, l'étude de Mishra et al. en 2022 n'a pas retrouvé de différence significative au niveau de la perte osseuse crestale, avec ou sans lambeau (57).

3.1.1.2. Réduction de la résorption osseuse

L'estimation de la perte osseuse marginale après chirurgie implantaire fait intégralement partie de l'évaluation post-opératoire et est utilisée comme indicateur du succès de l'implantation. L'étude d'Anumala et al. en 2019 s'intéressait aux effets de la chirurgie avec et sans lambeau sur les tissus mous et durs péri-implantaires (58). Elle a montré une résorption osseuse moindre durant les 6 mois suivant l'opération, en distal et mésial de l'implant, avec une *flapless* technique comparativement au groupe avec élévation de lambeau (58).

D'autres études appuient ces résultats, comme les recherches de Sunitha et Sapthagiri. en 2013 qui ont conclu en une plus grande résorption osseuse après élévation d'un lambeau à 6 mois, 1 an et 2 ans (59). L'étude de Fatalla et al. en 2015 a comparé les deux procédures à 1 semaine, 4 semaines et 12 semaines. Ils ont également conclu en une moins grande résorption osseuse après placement des implants sans lambeau, sans différence significative entre les secteurs maxillaire et mandibulaire. A 12 semaines, la perte osseuse, avec levée de lambeau, était de 1.91 mm en secteur postérieur maxillaire et de 1.63 mm en secteur postérieur

mandibulaire contre 1.03 au maxillaire et 1.00 mm à la mandibule avec une *flapless* technique (60).

Ces bénéfices sont dus au fait que lorsque aucun lambeau n'est levé, le périoste est préservé et permet une optimisation de la cicatrisation des tissus péri-implantaires.

3.1.1.3. Une ostéointégration améliorée

Il est évident qu'une bonne ostéointégration entre l'implant et l'os alvéolaire est essentielle pour le succès de la chirurgie implantaire. Le concept de l'ostéointégration est défini par Branemark et al. en 1977 comme l'intégration directe, structurale et fonctionnelle de l'implant avec l'os (61).

Jeong et al. en 2007 ont publié une étude comparative sur la cicatrisation de l'alvéole après insertion d'un implant avec et sans lambeau, réalisée sur des chiens. Les résultats ont montré que les sites implantaires réalisés sans lambeau avaient une meilleure ostéointégration (70,4 %) comparativement aux sites avec lambeau (59,5%), avec un meilleur BIC et moins de perte osseuse péri-implantaire (62).

Cependant, d'autres études ne montrent pas de différences significatives sur l'ostéointégration entre les deux techniques chirurgicales.

L'étude de Min et al. en 2017 n'a pas pu montrer de réelle différence entre les deux techniques (63). Le taux de contact entre l'os alvéolaire et la surface implantaire était supérieur avec la chirurgie *flapless* comparé à la chirurgie avec lambeau, mais les différences obtenues n'étaient pas significatives. Le BIC était de 60,27% pour la chirurgie sans lambeau et 59,73% pour la chirurgie avec lambeau. Les résultats obtenus pour l'*Implant Stability Quotient* (ISQ) n'ont pas montré de différence significative. L'ISQ permet de mesurer la stabilité de l'implant. Un ISQ \geq 55 pour la stabilité primaire de l'implant peut être considéré comme satisfaisant (63). Directement après la pose de l'implant et 2 semaines après, la chirurgie *flapless* a donné des résultats supérieurs mais non significatifs pour l'ISQ, puis, lors des mesures à 4 et 8 semaines, la chirurgie avec lambeau a donné des résultats supérieurs mais non significatifs (63).

Tableau 2 : ISQ immédiatement après mise en place de l'implant, à 2 semaines, 4 semaines et 8 semaines (63)

	Initial	2 wk	4 wk	8 wk
Flapless surgery	60.54 \pm 3.76	62.58 \pm 3.73	66.79 \pm 4.38	71.13 \pm 4.37
Flap surgery	59.12 \pm 3.11	61.96 \pm 3.50	68.08 \pm 3.50	72.71 \pm 3.30
P value	0.162	0.552	0.265	0.163

Enfin, la chirurgie avec lambeau a obtenu un meilleur ratio pour la néoformation osseuse au niveau de la surface implantaire complète, 8 semaines après la mise en place implantaire. Cependant, les résultats obtenus étaient non significatifs (63).

Aucun consensus n'a été pour le moment réellement atteint concernant les modifications des tissus durs après chirurgie avec ou sans lambeau.

3.1.2. Au niveau des tissus mous péri-implantaires

3.1.2.1. Réduction du temps de cicatrisation des tissus mous

La chirurgie *flapless* permet la non élévation des tissus mous et réduit le traumatisme chirurgical. De ce fait, le processus de cicatrisation est minime avec l'absence de cicatrice et des complications habituelles liées à la chirurgie conventionnelle, telle qu'une déhiscence du lambeau.

L'absence de sutures dans la majorité des cas contribue à un meilleur aspect post-opératoire de la zone chirurgicale. La désunion des sutures est une possible complication post-opératoire qu'il faut éviter au maximum pour limiter toute contamination bactérienne. Il n'y a pas de risque d'une telle complication lors de la réalisation d'une *flapless* technique.

Lors de la réalisation d'une mini-incision avec un protocole en 2 temps, des sutures sont réalisées, mais l'incision ne dépassant pas quelques mm, elle est facilement refermée.

3.1.2.2. Diminution de l'impact sur la circulation sanguine

Du fait du faible orifice réalisé dans la muqueuse, le réseau vasculaire est faiblement affecté comparé à ce qu'il se passe lorsque de larges lambeaux sont réalisés pour éviter toute nécrose éventuelle.

Pour rappel, la vascularisation de la muqueuse provient des vaisseaux du tissu conjonctif supra-périosté, du plexus vasculaire du ligament parodontal et des vaisseaux de l'os. Lorsqu'une dent est manquante, le plexus du ligament parodontal disparaît et ne laisse plus que 2 sources de vascularisations disponibles. Sous cette condition, l'élévation d'un lambeau entraîne une perte de la vascularisation supra-périostée. L'os ne dépend plus que de sa propre vascularisation qui est une source relativement pauvre. Cela induit un certain niveau de résorption osseuse durant la cicatrisation après la levée d'un lambeau (64).

Plusieurs études corroborent le fait qu'après une levée de lambeau, la résorption osseuse menace le résultat esthétique final par l'effet de la distance entre le point de contact et le sommet de la crête osseuse en l'absence de papille

interproximale (65,66). La perte de cette papille interproximale peut exposer la surface radiculaire de la dent adjacente à l'implant et causer des sensibilités et un désagrément esthétique. Il est donc important de préserver au maximum les tissus mous péri-implantaires.

Plusieurs études ont comparé l'impact sur les structures vasculaires des tissus mous de la *flapless* technique et d'une levée de lambeau. La vascularisation était nettement supérieure lorsqu'aucun lambeau n'était levé. En effet, les mécanismes de nutrition et de défense n'étant pas altérés, la cicatrisation n'en n'était qu'améliorée (21,67).

3.1.2.3. Formation d'un espace biologique péri-implantaire plus favorable

La mise en place d'un implant dans l'os entraîne la formation d'un espace biologique péri-implantaire comme sur dent naturelle, formé par un épithélium et un tissu conjonctif fibreux (68).

L'espace biologique péri-implantaire mesure entre 3 et 4 mm selon les études avec un épithélium d'environ 1,64-1,9 mm et un tissu conjonctif d'environ 1,21-1,32 mm (69).

You et al. ont conclu en 2009 à une réduction de la longueur de l'épithélium de jonction après 3 mois post-opératoire avec une mise en place de l'implant sans lambeau (16).

Le fait d'avoir un sulcus peu profond est plus favorable à l'hygiène grâce à un meilleur contrôle de plaque ce qui diminue la prolifération bactérienne.

3.1.2.4. Diminution du saignement

La réduction du saignement per et post-opératoire est appréciée du praticien et du patient. Cela permet de conserver une zone chirurgicale claire et réduit le temps opératoire.

Cette réduction du saignement est intéressante pour les patients immunodéprimés à risque infectieux, les patients diabétiques ou sous traitement anticoagulant.

En 2015, Vlahovic et al. se sont intéressés au degré d'inflammation des tissus mous après la pose d'un implant avec une *flapless* technique comparativement à une chirurgie avec lambeau. Cette étude a été menée sur 5 porcs chez qui 6 implants à la mandibule ont été implantés 9 semaines après l'extraction de dents. La *flapless* technique a été utilisée d'un côté avec la technique de la mini-incision et le

lambeau a été réalisé sur l'autre côté contro-latéral. Des échantillons ont été prélevés pour réaliser des analyses histopathologiques afin d'étudier le degré d'inflammation des tissus mous péri-implantaires. Un score de 0 à 3 a été attribué. Dans le groupe où le lambeau avait été réalisé, le score 3 indiquant un haut degré d'inflammation était présent du jour 7 au jour 21 contrairement au groupe sans lambeau où aucun score 3 n'a été attribué durant la durée de l'étude. La méthode de la mini-incision semble donner une réaction inflammatoire moindre, plus favorable aux patients à risque infectieux (70).

La bactériémie post-opératoire peut aussi être évoquée. Une étude en 2013 comparait la bactériémie post-opératoire entre la chirurgie implantaire conventionnelle et la chirurgie sans lambeau assistée par ordinateur. Les patients opérés par chirurgie conventionnelle avaient une probabilité de bactériémie 3 fois supérieure aux patients opérés par *flapless* technique (71). Cela peut être bénéfique pour les patients âgés ou à risque, leur permettant des complications post-opératoires moindres.

Pour les patients sous anticoagulants, un travail d'équipe avec l'implantologue et le médecin généraliste ou l'hématologue permet de mettre en place tous les moyens hémostatiques locaux pour contrôler les possibles saignements prolongés, tout de même réduits grâce à une approche chirurgicale sans lambeau.

3.1.3. Les avantages généraux

3.1.3.1. Réduction du temps opératoire

Dans la plupart des cas, l'absence de réalisation d'un lambeau et donc de sutures simplifie grandement la chirurgie et réduit le temps opératoire (72). Cependant, l'absence de visualisation directe de l'os sous-jacent nécessite une concentration importante. La planification implantaire est indispensable pour réaliser une chirurgie adéquate. Becker et al. ont suivi sur une durée de 2 ans 52 patients sur lesquels 79 implants ont été posés par la méthode transmuqueuse. Ils ont déterminé que la pose d'implant sans lambeau était plus rapide avec une durée moyenne de 28 minutes, comparé à la méthode conventionnelle (72).

Wei et al. en 2022 ont trouvé un temps moyen de pose d'un implant unitaire postérieur par chirurgie guidée sans lambeau de 24 minutes comparé au groupe avec lambeau où le temps moyen était de 30 minutes (73).

3.1.3.2. Faible morbidité et augmentation du confort du patient

La plupart des études concordent sur le fait que les suites post-opératoires sont moins douloureuses et symptomatiques. La plupart des patients sont satisfaits du traitement implantaire grâce également à une période post-opératoire plus confortable. En effet, lors de la chirurgie sans lambeau, le traumatisme chirurgical est minime, la douleur et l'inconfort post-opératoire sont minimisés du fait d'une réaction inflammatoire moindre (26,58,72,74).

L'étude de Fortin et al. en 2006 comparait l'expérience douloureuse des patients après la pose d'implant avec et sans lambeau. Les résultats obtenus étaient clairs : dans le groupe sans lambeau, la douleur diminuait plus rapidement, le nombre de patients n'ayant rapporté aucune douleur était plus important, le nombre de comprimés antalgiques pris étaient moins importants et leur arrêt plus rapide (75).

Une autre étude a rapporté que, sans élévation de lambeau, les patients avaient décrit une période douloureuse moins intense et plus courte. 24 heures après l'opération, le score EVA était inférieur. 72 heures après l'opération, les patients présentaient moins d'oedèmes et une satisfaction postopératoire supérieure (73).

3.1.3.3. Taux de survie élevé

La pose d'implant sans lambeau, avec une technique adéquate et les informations nécessaires à la réalisation de la chirurgie de manière optimale, permettent d'obtenir de très bons taux de survie, faisant de cette approche chirurgicale une méthode fiable.

La revue systématique de Brodala. en 2009 a retenu 14 études avec un total de 2040 implants posés sur 778 patients. Le taux de survie était de 98,6% dans les études prospectives et de 95,9% dans les études rétrospectives. Les résultats ont montré que la chirurgie *flapless* était une méthode fiable démontrant son efficacité clinique. Le bémol de ces résultats est qu'ils ont été obtenus durant un intervalle court de 19 mois seulement (76).

L'étude de Cai et al. en 2020 a comparé le taux de survie d'implants posés durant une durée de 3 ans ou plus. Il a été obtenu des résultats cliniques comparables entre l'approche sans lambeau et avec lambeau avec un taux de survie de 95% sans différence significative entre les 2 groupes (77).

Les taux de survie obtenus dans les différentes études ne sont pas forcément supérieurs à la méthode chirurgicale conventionnelle mais les bons résultats font de cette technique une méthode reproductible.

3.2. Les limites de la flapless technique

3.2.1. Une technique à l'aveugle

La zone chirurgicale est réduite du fait de la faible ouverture muqueuse, ce qui induit une vision très limitée de la corticale, de la forme de la crête et des possibles concavités osseuses. Cela peut entraîner des complications telles que des fenestrations de la corticale, un mauvais placement implantaire ou une mauvaise angulation de l'implant.

Il est donc important de poser une analyse pré-opératoire complète, à la fois clinique et radiologique, ainsi qu'une planification implantaire adéquate dans le but de prévenir tout imprévu ou complication per-opératoire.

3.2.1.1. Détermination du volume osseux disponible et de la forme de la crête osseuse

L'absence de visibilité est un élément indispensable à prendre en compte. Une analyse à la fois clinique et radiologique tridimensionnelle est obligatoire avant la réalisation de la chirurgie pour anticiper toute concavité osseuse possible ou défaut osseux, qui induirait une perforation des corticales osseuses. L'analyse tridimensionnelle est généralement réalisée à l'aide d'un CBCT.

L'examen clinique consiste en une analyse complète avec palpation de la muqueuse pour déterminer la largeur de la crête afin de prendre la décision de réaliser ou non une *flapless* technique. Des sondes peuvent être utilisées pour déterminer l'épaisseur gingivale et ainsi prendre la meilleure décision thérapeutique.

3.2.1.2. Impossibilité d'évaluer et traiter les défauts osseux

Les défauts osseux peuvent passer inaperçus et ne pas être maîtrisés par une greffe osseuse ou une régularisation de la crête.

Ainsi, en cas de suspicion clinique ou radiologique de lésion osseuse, il est plus judicieux de procéder à une élévation de lambeau. Cela permet de visualiser correctement la zone chirurgicale pour mettre en place, si nécessaire, des procédés de régénération osseuse qui assurent la stabilité à long terme des tissus péri-implantaires.

3.2.1.3. Difficulté à suivre l'axe de forage idéal et l'angulation idéale de l'implant

Le forage implantaire est une étape chirurgicale délicate car cette *flapless* technique n'apporte pas de visibilité optimale. Il est également difficile de voir les repères sur les forêts de forage qui indiquent à quelle profondeur on se situe. Il faut bien additionner l'épaisseur de la muqueuse alvéolaire à la longueur de l'implant pour obtenir une longueur de forage correcte.

L'utilisation d'un guide chirurgical est fortement recommandée pour réduire au maximum les déviations d'angle lors du placement de l'implant. L'utilisation de guides chirurgicaux permet d'augmenter la précision de la chirurgie implantaire comparée à la chirurgie à main levée. On retrouve une différence significative entre la chirurgie guidée et la chirurgie à main levée au niveau de la déviation coronale et apicale, ainsi qu'au niveau de l'angle de déviation apicale avec une différence moyenne pondérée de 3,63 degrés (78).

Toutefois, il est particulièrement difficile d'éviter complètement l'accumulation d'erreurs successives lors du processus de design, de fabrication et de placement du guide chirurgical. Il existe donc une certaine déviation entre le positionnement de l'implant et le placement virtuel anticipé par le logiciel (73).

La distance de sécurité à prendre en compte est généralement de 2 mm. Fokas et al. en 2018 ont conclu que le CBCT était un outil diagnostique 3D approprié pour la planification implantaire, avec une marge de sécurité de 2 mm. Les possibles mouvements du patient, les artéfacts métalliques, les paramètres d'exposition spécifiques à l'appareil, le logiciel utilisé et l'utilisation de procédures manuelles ou guidées peuvent réduire la précision (79). Cette marge de sécurité permet de préserver les structures anatomiques adjacentes.

Wei et al. ont étudié en 2022 la mise en place d'un implant unitaire en secteur postérieur par chirurgie guidée avec lambeau pour 32 patients et sans lambeau pour 35 patients. L'angle de déviation axial dans le groupe *flapless* était compris entre 0,07° et 5,93° dans le sens vestibulo-lingual et entre 0° et 4,12° dans le sens mésio-distal. Les valeurs maximales de déviation apicale et d'écart de profondeur avec utilisation d'un guide chirurgical étaient inférieures à la distance de sécurité prise de 2 mm. Ils ont conclu que le guidage durant la chirurgie était relativement fiable et qu'il permettait d'augmenter la précision de la chirurgie *flapless* (73).

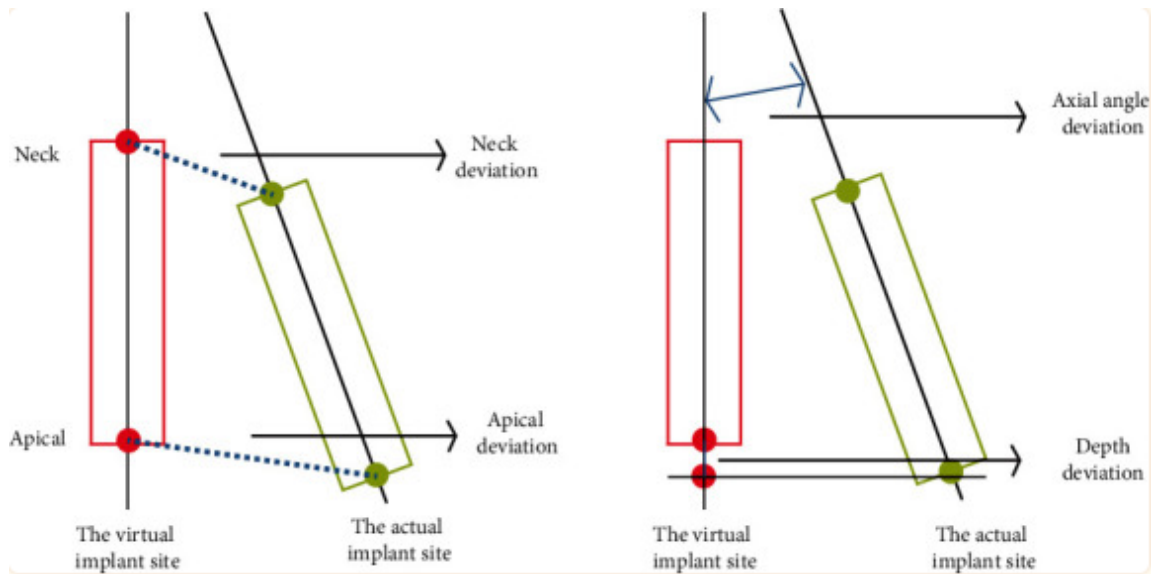


Figure 16 : Déviation entre le positionnement réel de l'implant et la planification numérique (73)

Cependant, comme la chirurgie est réalisée sans vision directe, l'incertitude chirurgicale augmente. Il convient de sélectionner des patients avec une quantité d'os suffisante. Il faut également fixer de manière la plus stable et précise possible le guide chirurgical durant l'opération pour augmenter au maximum la précision et se rapprocher de la planification implantaire préalablement réalisée.

3.2.1.4. Risque d'endommagement des structures anatomiques adjacentes

La limitation de visibilité peut endommager les structures anatomiques telles que la corticale, en particulier la corticale vestibulaire, les dents adjacentes, des nerfs importants tels que le nerf mandibulaire inférieur, ou encore les sinus. Il faut, comme dit précédemment, toujours une marge de sécurité bien déterminée afin de ne léser aucune structure par le positionnement de l'implant.

Une analyse clinique et radiologique poussée, une planification implantaire précise et des praticiens suffisamment expérimentés sont indispensables.

3.2.2. Limites au niveau des tissus mous

3.2.2.1. Risque pour la gencive kératinisée

Nous avons vu précédemment qu'il existait différentes techniques pour accéder à l'os sans lambeau :

- le poinçon gingival ;
- la mini-incision ;
- le forage transmuqueux.

Nous avons également vu que l'inconvénient du *punch* était qu'il ne permettait pas de conserver la gencive kératinisée en position vestibulaire de l'implant et que cette méthode devait donc être utilisée dans les situations avec au moins 4 mm de gencive kératinisée. De ce fait, la méthode de la mini-incision est à privilégier lorsque la gencive kératinisée est en quantité limitée.

Il y a eu, durant longtemps, des controverses quant à la nécessité de gencive kératinisée pour assurer la pérennité d'un implant. Les preuves ont montré qu'il y avait effectivement moins d'accumulation de plaque, une inflammation tissulaire et une récession gingivale plus faible au niveau des implants avec une quantité adéquate de tissu kératinisé (80).

Cependant, il a été montré que la santé péri-implantaire pouvait être maintenue avec une bonne hygiène orale même en l'absence de tissu kératinisé et qu'il n'y avait pas de corrélation directe avec la santé des tissus mous péri-implantaires (80).

3.2.2.2. Impossibilité de manipulation de lambeau pour des raisons esthétiques

Aucun lambeau n'est levé lors d'une *flapless* technique. L'accès à l'os sous-jacent se limite donc à quelques millimètres. Il est donc difficile de réaliser des techniques de chirurgies parodontales qui permettent d'augmenter le volume des tissus mous au niveau de l'implant, la position et le volume de la papille.

Ces opérations permettent d'améliorer l'esthétique de ces réhabilitations et la stabilité à long-terme des tissus péri-implantaires. Il est préférable de procéder à une chirurgie implantaire conventionnelle pour améliorer la situation des tissus mous péri-implantaires lorsqu'ils sont réduits. Enfin, il est parfois possible de réaliser des greffes tissulaires pré ou post-implantaires afin d'obtenir un résultat final satisfaisant.

3.3. Comparaison des résultats esthétiques entre la flap et la flapless technique

L'accès à l'os alvéolaire est une étape indispensable aux procédures chirurgicales implantaires. La manière conventionnelle d'exposer l'os est par élévation d'un lambeau avec incision de la muqueuse. Il existe différents tracés possibles en fonction du site d'incision, mais avec souvent le risque de laisser des cicatrices sur la muqueuse. En outre, l'incision horizontale peut également altérer la forme de la papille gingivale.

La comparaison des effets esthétiques entre ces deux approches chirurgicales n'est pas une démarche systématiquement faite dans la littérature.

L'implantation dans les zones esthétiques est une procédure complexe. Les incisions horizontales entre les dents adjacentes peuvent créer une perte de hauteur

papillaire après la restauration prothétique. Toutefois, la *flapless* technique enlèverait plus de muqueuse kératinisée, qui a son importance dans l'esthétisme du résultat (81).

L'aspect gingival est un point important du résultat esthétique après implantation (82). Le PES évalue le résultat esthétique des tissus mous au niveau des couronnes sur implant en zone antérieure. Il attribue des points selon 7 critères apparaissant dans les figures ci-dessous (83) :

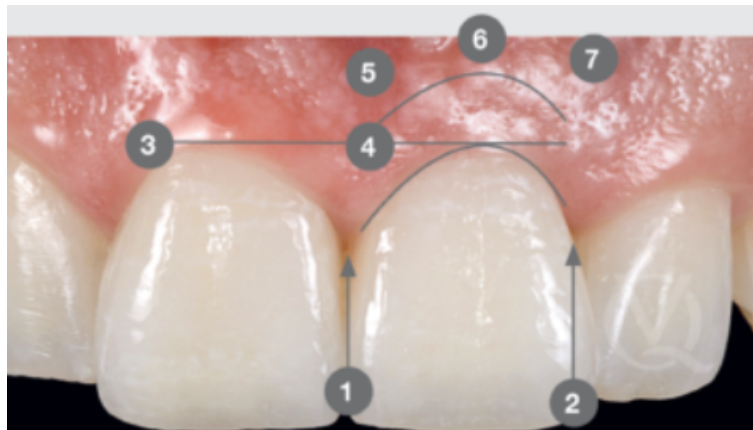


Figure 17 : Pink Esthetic Score (84)

Tableau 3 : Evaluation des tissus mous au niveau des implants unitaires, le Pink Esthetic Score (83)

Variables / Score	0	1	2
Papille Mésiale	absente	incomplète	complète
Papille Distale	absente	incomplète	complète
Niveau gencive Marginale	écart majeur >2 mm	écart mineur 1-2 mm	pas d'écart <1 mm
Contours des tissus marginaux	non naturels	légèrement naturels	naturels
Contour du procès alvéolaire	très résorbé	légèrement résorbé	pas de différence
Texture des tissus mous	grande différence	légère différence	pas de différence
Couleur des tissus mous	grande différence	légère différence	pas de différence

Dans la méta-analyse de Gao et al. en 2021, la *flapless* technique a mené à une plus grande préservation papillaire, mesurée à l'aide du *Papillae Presence Index* (PPI) (85). Cet indice, basé sur une évaluation esthétique, mesure la hauteur interproximale des tissus mous par rapport à la jonction émail-cément, les dents adjacentes et le point correspondant au point de contact idéal. Les 4 scores sont utiles pour une évaluation clinique facile du résultat esthétique obtenu (9). Dans cette méta-analyse, la chirurgie *flapless* a mené de façon significative à une meilleure préservation papillaire comparativement à la flap technique.

La flap technique implique une incision horizontale entre les dents adjacentes. A cela s'ajoute l'opération et la tension des sutures. Le tout peut influencer négativement la cicatrisation des papilles gingivales. De plus, l'élévation du lambeau impacte la vascularisation locale du périoste et de la muqueuse et entraîne une résorption de la crête osseuse.

La muqueuse kératinisée est essentielle pour l'esthétique des tissus péri-implantaires dans les régions antérieures. Les sites avec une largeur de muqueuse kératinisée inférieure à 2 mm ont montré de plus grandes chances de suppuration et de perte osseuse marginale (86).

La perte osseuse crestale a été utilisée pour diagnostiquer les péri-implantites et également à des fins esthétiques. Une plus grande perte osseuse pourrait indiquer une récession marginale subséquente à long terme et augmenter les risques esthétiques. Néanmoins, les études rapportent des résultats différents quant à la résorption osseuse crestale et ne permettent pas de conclure à une différence significative entre la *flapless* technique et la technique avec lambeau (57).

Finalement, chaque approche chirurgicale doit être réfléchié judicieusement pour apporter les meilleurs résultats fonctionnels et esthétiques à chaque patient. Afin d'affirmer la plus-value esthétique de la chirurgie *flapless*, plus d'études sont nécessaires pour comparer d'autres critères esthétiques présents dans le tableau précédent, tels que le contour des tissus mous autour des implants, le niveau des tissus mous ou encore la texture (83).

Conclusion

La chirurgie implantaire sans lambeau, *flapless*, est une approche qui, utilisée dans de bonnes conditions et pour les bonnes indications, apporte des résultats avérés. Cette technique a gagné en popularité ces dernières années. Cette approche réduit la nécessité de créer un lambeau muco-périosté pour accéder à la zone d'implantation, ce qui entraîne des avantages potentiels pour les tissus durs et mous environnants.

Un de ses principaux avantages est la réduction du traumatisme chirurgical et de la morbidité post-opératoire. En évitant la dissection du lambeau, la procédure est moins invasive et entraîne moins de douleur, d'œdème et de saignement pour les patients. Cela peut contribuer à une récupération plus rapide et une meilleure expérience globale du patient. De plus, en préservant la vascularisation des tissus mous, elle peut favoriser une cicatrisation plus rapide et une esthétique améliorée. Un autre avantage important est la préservation de l'os alvéolaire et de la crête osseuse environnante. En évitant la levée du lambeau, la technique *flapless* permet de préserver davantage de tissu osseux naturel, bénéfique pour la stabilité à long terme de l'implant et le maintien de l'intégrité osseuse. Cette approche peut réduire le risque de résorption osseuse post-opératoire, et préserver la morphologie des tissus durs péri-implantaires.

Pour le moment, il n'y a pas de consensus scientifique quant à la supériorité avérée de la chirurgie *flapless* par rapport à la chirurgie conventionnelle avec levée de lambeau.

Cependant, elle comporte également certaines limites et doit être soigneusement évaluée pour chaque patient et chaque situation clinique. Elle peut être plus difficile à réaliser dans des situations anatomiques complexes ou dans des cas nécessitant une augmentation osseuse ou une régénération tissulaire. Dans de tels cas, la dissection du lambeau peut être nécessaire pour un accès adéquat et une préparation de l'environnement chirurgical. De plus, l'absence de visualisation directe de la zone d'implantation peut rendre la pose précise de l'implant plus difficile, nécessitant une planification avancée tridimensionnelle et l'utilisation de guides chirurgicaux.

Cette méthode n'est pas accessible à tout le monde. Pour les praticiens débutants, il est préférable de se perfectionner à la méthode conventionnelle et laisser cette approche à des praticiens plus expérimentés. En effet, les risques de perforation de la corticale lors du forage sont réels par mauvaise angulation ou déviation, ce qui peut entraîner des conséquences néfastes pour le succès du traitement.

Il est important de prendre en compte les avantages et limites de cette technique et d'évaluer chaque cas individuellement pour déterminer la meilleure approche chirurgicale. Une planification préopératoire minutieuse et une sélection appropriée des patients sont essentielles pour obtenir des résultats prévisibles et réussis sur du long-terme.

La chirurgie *flapless* peut, dans des situations cliniques favorables, devenir un outil intéressant mais elle doit être réalisée avec prudence et dans le respect des principes cliniques fondamentaux de l'implantologie dentaire.

Table des figures

Figure 1 : Classification osseuse de Lekhom et Zarb (4)

Figure 2 : Interactions biologiques os-implant après implantation (7)

Figure 3 : Mucotomes à micromoteur, de la gauche vers la droite, diamètre de 3 mm, 4 mm, 5 mm (22)

Figure 4 : Muqueuse gingivale après poinçonnage avec mucotomes de 3mm, 4mm, 5mm (22)

Figure 5 : Mini-incisions crestaies de 5 mm de longueur (24)

Figure 6 : Implant postérieur maxillaire enfoui selon la technique de la mini-incision (18)

Figure 7 : Implant maxillaire enfoui sous les tissus mous (18)

Figure 8 : Choix entre le punch technique et la mini-incision (18)

Figure 9 : Détermination de l'épaisseur de la muqueuse gingivale au futur site d'implantation (25)

Figure 10 : Forage transmuqueux (27)

Figure 11 : Implant remplaçant la dent 26 avec défaut osseux autour de l'implant (36)

Figure 12 : Bio-Oss Collagen et PRF mis en place dans l'espace entre l'implant et les parois alvéolaires (36)

Figure 13 : Guide chirurgical à appui dentaire, muqueux et osseux (41)

Figure 14 : Logiciel de planification implantaire Planmeca Romexis® 3D (51)

Figure 15 : Système de navigation X-Guide®, Nobel Biocare® (55)

Figure 16 : Déviation entre le positionnement réel de l'implant et la planification numérique (73)

Figure 17 : Pink Esthetic Score (84)

Table des tableaux

Tableau 1 : Différents designs de lambeaux (3)

Tableau 2 : ISQ immédiatement après mise en place de l'implant, à 2 semaines, 4 semaines et 8 semaines (63)

Tableau 3 : Evaluation des tissus mous au niveau des implants unitaires, le Pink Esthetic Score (83)

Bibliographie

1. Brånemark PI, Breine U, Adell R, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson Å. Intra-Osseous Anchorage of Dental Prostheses:I. Experimental Studies. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1969;3(2):81-100.
2. Al-Juboori MJ. Flap Designs for Implant-Related Surgical Procedures: A Review. *Implant Dent.* 2016;25(6):845-854.
3. Hutchens LH, Beauchamp SD, McLeod SH, Stern JK. Considerations for Incision and Flap Design With Implant Therapy in the Esthetic Zone. *Implant Dent.* 2018;27(3):381-387.
4. Lekholm U, Zarb G. Patient selection and preparation. Tissue-integrated prostheses : osseointegration in clinical dentistry. Quintessence Publishing Co, Inc ; Chicago, IL. 1985;199-209.
5. Cho EH, Park JC, Cha JK, Kim YT, Jung UW, Kim CS, et al. Dimensional change of the healed periosteum on surgically created defects. *J Periodontal Implant Sci.* 2011;41(4):176-184.
6. Wilderman MN, Pennel BM, King K, Barron JM. Histogenesis of Repair Following Osseous Surgery. *J Periodontol.* 1970;41(10):551-565.
7. Lerebours A, Jordana F. LS - La Lettre de la Stomatologie [Internet]. Péri-implantites ; Consulté le [15 mars 2023]. Disponible sur : <https://journal-stomato-implanto.com/content/p%C3%A9ri-implantites>
8. Davies JE. Understanding Peri-Implant Endosseous Healing. *J Dent Educ.* 2003;67(8):932-949.
9. Cardaropoli G, Lekholm U, Wennström JL. Tissue alterations at implant-supported single-tooth replacements: a 1-year prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(2):165-171.
10. Wadhwa B, Jain V, Bhutia O, Bhalla AS, Pruthi G. Flapless versus open flap techniques of implant placement: A 15-month follow-up study. *Indian J Dent Res Off Publ Indian Soc Dent Res.* 2015;26(4):372-377.
11. Szpaderska AM, Zuckerman JD, DiPietro LA. Differential Injury Responses in Oral Mucosal and Cutaneous Wounds. *J Dent Res.* 2003;82(8):621-626.
12. Larjava H, Wiebe C, Gallant-Behm C, Hart DA, Heino J, Häkkinen L. Exploring scarless healing of oral soft tissues. *J Can Dent Assoc.* 2011;77:18.
13. Berglundh T, Abrahamsson I, Welander M, Lang NP, Lindhe J. Morphogenesis of the peri-implant mucosa: an experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18(1):1-8.
14. Pippi R. Post-Surgical Clinical Monitoring of Soft Tissue Wound Healing in Periodontal and Implant Surgery. *Int J Med Sci.* 2017;14(8):721-728.

15. Chanavaz M. [The periosteum: the « umbilical cord » of bone. Quantification of the blood supply of cortical bone of periosteal origin]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 1995;96(4):262-267.
16. You TM, Choi BH, Li J, Xuan F, Jeong SM, Jang SO. Morphogenesis of the peri-implant mucosa: a comparison between flap and flapless procedures in the canine mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107(1):66-70.
17. Lin GH, Chan HL, Bashutski JD, Oh TJ, Wang HL. The Effect of Flapless Surgery on Implant Survival and Marginal Bone Level: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Periodontol.* 2014;85(5):91-103.
18. Choi BH, Jeong SM, Jihun K, Wilfried E. *Implantologie flapless.* Paris, France: Quintessence International; 2010. 332 p.
19. Auty C, Siddiqui A. Punch technique for preservation of interdental papillae at nonsubmerged implant placement. *Implant Dent.* 1999;8(2):160-166.
20. Sclar AG. Guidelines for Flapless Surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007;65(7):20-32.
21. Lazrak L. Pose d'implant par la technique « flapless » : pourquoi, comment, quand l'envisager ? *Inf Dent.* 2012;94(37):18-25.
22. Lee DH, Choi BH, Jeong SM, Xuan F, Kim HR, Mo DY. Effects of soft tissue punch size on the healing of peri-implant tissue in flapless implant surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109(4):525-530.
23. Bayounis A, Alzoman H, Jansen J, Babay N. Healing of peri-implant tissues after flapless and flapped implant installation. *J Clin Periodontol.* 2011;38(8):754.
24. Pérez-Albacete Martínez C, Vlahović Z, Šćepanović M, Videnović G, Barone A, Calvo-Guirado JL. Submerged flapless technique vs. conventional flap approach for implant placement: experimental domestic pig study with 12-month follow-up. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27(8):964-968.
25. Jegham H, Hafaiedh R, Masmoudi R, Jemâa M, Ouertani H, Blouza I, et al. La chirurgie implantaire sans lambeaux : Avantages et limites. *R.M.O.S.* 2016;1-9.
26. Jeong SM, Choi BH, Kim J, Xuan F, Lee DH, Mo DY, et al. A 1-year prospective clinical study of soft tissue conditions and marginal bone changes around dental implants after flapless implant surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2011;111(1):41-46.
27. Wittwer G, Adeyemo WL, Schicho K, Gigovic N, Turhani D, Enislidis G. Computer-guided flapless transmucosal implant placement in the mandible: a new combination of two innovative techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101(6):718-723.
28. Schropp L, Isidor F. Timing of implant placement relative to tooth extraction. *J Oral Rehabil.* 2008;35(1):33-43.
29. Ragucci GM, Elnayef B, Criado-Cámara E, Del Amo FSL, Hernández-Alfaro F. Immediate implant placement in molar extraction sockets: a systematic review and meta-analysis. *Int J Implant Dent.* 2020;6:40.

30. Cosyn J, Eghbali A, De Bruyn H, Collys K, Cleymaet R, De Rouck T. Immediate single-tooth implants in the anterior maxilla: 3-year results of a case series on hard and soft tissue response and aesthetics. *J Clin Periodontol*. août 2011;38(8):746-753.
31. Lang NP, Pun L, Lau KY, Li KY, Wong MCM. A systematic review on survival and success rates of implants placed immediately into fresh extraction sockets after at least 1 year. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(5):39-66.
32. Lee W. Immediate implant placement in fresh extraction sockets. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2021;47(1):57-61.
33. Kan JYK, Rungcharassaeng K, Deflorian M, Weinstein T, Wang HL, Testori T. Immediate implant placement and provisionalization of maxillary anterior single implants. *Periodontol 2000*. 2018;77(1):197-212.
34. Nevins M, Camelo M, De Paoli S, Friedland B, Schenk RK, Parma-Benfenati S, et al. A study of the fate of the buccal wall of extraction sockets of teeth with prominent roots. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2006;26(1):19-29.
35. Noelken R, Moergel M, Kunkel M, Wagner W. Immediate and flapless implant insertion and provisionalization using autogenous bone grafts in the esthetic zone: 5-year results. *Clin Oral Implants Res*. 2018;29(3):320-327.
36. Sun XL, Mudalal M, Qi ML, Sun Y, Du LY, Wang ZQ, et al. Flapless immediate implant placement into fresh molar extraction socket using platelet-rich fibrin: A case report. *World J Clin Cases*. 2019;7(19):3153-3159.
37. Choi W, Nguyen BC, Doan A, Girod S, Gaudilliere B, Gaudilliere D. Freehand Versus Guided Surgery: Factors Influencing Accuracy of Dental Implant Placement. *Implant Dent*. 2017;26(4):500-509.
38. Schnutenhaus S, Edelmann C, Knipper A, Luthardt RG. Accuracy of Dynamic Computer-Assisted Implant Placement: A Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical and In Vitro Studies. *J Clin Med*. 2021;10(4):704.
39. Berdougou M, Fortin T, Blanchet E, Isidori M, Bosson JL. Flapless implant surgery using an image-guided system. A 1- to 4-year retrospective multicenter comparative clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2010;12(2):142-152.
40. Putra RH, Yoda N, Astuti ER, Sasaki K. The accuracy of implant placement with computer-guided surgery in partially edentulous patients and possible influencing factors: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont Res*. 2022;66(1):29-39.
41. Kalaivani G, Balaji VR, Manikandan D, Rohini G. Expectation and reality of guided implant surgery protocol using computer-assisted static and dynamic navigation system at present scenario: Evidence-based literature review. *J Indian Soc Periodontol*. 2020;24(5):398-408.
42. Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29:25-42.

43. Velasco-Ortega E, Jiménez-Guerra A, Ortiz-Garcia I, Moreno-Muñoz J, Núñez-Márquez E, Cabanillas-Balsera D, et al. Immediate Loading of Implants Placed by Guided Surgery in Geriatric Edentulous Mandible Patients. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(8):4125.
44. Orentlicher G, Horowitz A, Goldsmith D, Delgado-Ruiz R, Abboud M. Cumulative survival rate of implants placed « fully guided » using CT-guided surgery: a 7-year retrospective study. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. 2014;35(8):590-600.
45. Dioguardi M, Spirito F, Quarta C, Sovereto D, Basile E, Ballini A, et al. Guided Dental Implant Surgery: Systematic Review. *J Clin Med*. 2023;12(4):1490.
46. Marra R, Acocella A, Rispoli A, Sacco R, Ganz SD, Blasi A. Full-mouth rehabilitation with immediate loading of implants inserted with computer-guided flapless surgery: a 3-year multicenter clinical evaluation with oral health impact profile. *Implant Dent*. 2013;22(5):444-452.
47. Van Assche N, Vercruyssen M, Coucke W, Teughels W, Jacobs R, Quirynen M. Accuracy of computer-aided implant placement. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(6):112-123.
48. Meloni SM, De Riu G, Pisano M, Cattina G, Tullio A. Implant treatment software planning and guided flapless surgery with immediate provisional prosthesis delivery in the fully edentulous maxilla. A retrospective analysis of 15 consecutively treated patients. *Eur J Oral Implantol*. 2010;3(3):245-251.
49. Van de Velde T, Glor F, De Bruyn H. A model study on flapless implant placement by clinicians with a different experience level in implant surgery. *Clin Oral Implants Res*. 2008;19(1):66-72.
50. Hultin M, Svensson KG, Trulsson M. Clinical advantages of computer-guided implant placement: a systematic review. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(6):124-135.
51. Planmeca. Romexis® 3D Implantology [Internet]. Consulté le [11 novembre 2022]. Disponible sur : <https://www.planmeca.com/fr/logiciel/modules-du-logiciel/romexis-3d-implantology/>
52. Wang M, Rausch-Fan X, Zhan Y, Shen H, Liu F. Comparison of Implant Placement Accuracy in Healed and Fresh Extraction Sockets between Static and Dynamic Computer-Assisted Implant Surgery Navigation Systems: A Model-Based Evaluation. *Materials*. 2022;15(8):2806.
53. Armand S, Legac O, Galibourg A. Implantologie dentaire assistée par ordinateur : intérêts de la navigation du système Robodent®. *Rev Stomatol Chir Maxillo-Faciale Chir Orale*. 2013;114(4):247-254.
54. Le Gac O, Armand S. Bridge complet implanto-porté - Présentation d'un protocole original utilisant la robotique passive (système Robodent). *Mag Int Implantol Orale*. 2012;18:109-120.
55. X-Guide® | Nobel Biocare™ [Internet]. Consulté le [11 novembre 2022]. Disponible sur: <https://www.nobelbiocare.com/en-int/x-guide>

56. Lee J, Lee JB, Koo KT, Seol YJ, Lee YM. Flap Management in Alveolar Ridge Preservation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018;33(3):613-621.
57. Mishra P, Tandan A, Shivakumar GC, Choudhary K, Shivakumar S, Sharma N, et al. Evaluation of Crestal Bone Loss in Flap vs Flapless Implant Placement Technique: An In Vivo Comparative Study. *J Contemp Dent Pract.* 2022;23(1):56-60.
58. Anumala D, Haritha M, Sistla S, Prasuna E, Sravanthi G, Reddy N. Effect of Flap and Flapless Implant Surgical Techniques on Soft and Hard Tissue Profile in Single-Stage Dental Implants. *J Orofac Sci.* 2019;11:11.
59. Sunitha RV, Sapthagiri E. Flapless implant surgery: a 2-year follow-up study of 40 implants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013;116(4):237-243.
60. Fatalla A, Abdul-Saheb A, Abdulsahab R. Comparison Between Flapped and Flapless Implant Techniques by Measuring Crestal Bone Level: A Prospective Radiographical Trial. *Iraqi Dent J.* 2015;37:50-55.
61. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977;16:1-132.
62. Jeong SM, Choi BH, Li J, Kim HS, Ko CY, Jung JH, et al. Flapless implant surgery: an experimental study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;104(1):24-28.
63. Min HG, Kim SG, Oh JS, You JS, Lim SC, Jeong MA. Comparative Study on Osseointegration of Implants After Flap and Flapless Surgery in the Mandible of Dogs. *Implant Dent.* 2017;26(5):730-734.
64. Romero-Ruiz Mm, Mosquera-Perez R, Gutierrez-Perez JI, Torres-Lagares D. Flapless implant surgery: A review of the literature and 3 case reports. *J Clin Exp Dent.* 2015;146-152.
65. Gomez-Roman G. Influence of flap design on peri-implant interproximal crestal bone loss around single-tooth implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2001;16(1):61-67.
66. Saraswati S, Bhowmick D, Pravin KS, Mahajan T, Dubey R, Smita. An In-Vivo Comparative Study of the Soft Tissue Response and Esthetics of the Titanium Implant with Titanium Collar by Flapless and Conventional Flap Technique. *J Pharm Bioallied Sci.* 2022;14(1):514-517.
67. Kim JI, Choi BH, Li J, Xuan F, Jeong SM. Blood vessels of the peri-implant mucosa: a comparison between flap and flapless procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107(4):508-512.
68. Zheng Z, Ao X, Xie P, Jiang F, Chen W. The biological width around implant. *J Prosthodont Res.* 2021;65(1):11-18.
69. Negri B, López Marí M, Maté Sánchez de Val JE, Iezzi G, Bravo González LA, Calvo Guirado JL. Biological width formation to immediate implants placed at different level in relation to the crestal bone: an experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(7):788-798.

70. Vlahovic Z, Markovic A, Golubovic M, Scepanovic M, Kalanovic M, Djinic A. Histopathological comparative analysis of peri-implant soft tissue response after dental implant placement with flap and flapless surgical technique. Experimental study in pigs. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(11):1309-1314.
71. Arisan V, Bölükbaşı N, Öksüz L. Computer-assisted flapless implant placement reduces the incidence of surgery-related bacteremia. *Clin Oral Investig.* 2013;17(9):1985-1993.
72. Becker W, Goldstein M, Becker BE, Sennerby L, Kois D, Hujuel P. Minimally Invasive Flapless Implant Placement: Follow-Up Results From a Multicenter Study. *J Periodontol.* 2009;80(2):347-352.
73. Wei D, Xu W, Chen L, Lu H. Clinical Observation of Flapless Implantation in the Posterior Tooth Area under the Guidance of the Fully Guided Template. *Contrast Media Mol Imaging.* 2022;2022:1-5.
74. Sinha S, Kumar S, Sonoo PR, Kumar U, Siddhartha R, Singh SK. Evaluation of Bone Regeneration around Implants with and Without Flap Elevation. *J Pharm Bioallied Sci.* 2021;13(1):699-705.
75. Fortin T, Bosson JL, Isidori M, Blanchet E. Effect of flapless surgery on pain experienced in implant placement using an image-guided system. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2006;21(2):298-304.
76. Brodala N. Flapless surgery and its effect on dental implant outcomes. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24:118-125.
77. Cai H, Liang X, Sun DY, Chen JY. Long-term clinical performance of flapless implant surgery compared to the conventional approach with flap elevation: A systematic review and meta-analysis. *World J Clin Cases.* 2020;8(6):1087-1103.
78. Gargallo-Albiol J, Barootchi S, Marqués-Guasch J, Wang HL. Fully Guided Versus Half-Guided and Freehand Implant Placement: Systematic Review and Meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2020;35(6):1159-1169.
79. Fokas G, Vaughn VM, Scarfe WC, Bornstein MM. Accuracy of linear measurements on CBCT images related to presurgical implant treatment planning: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(16):393-415.
80. Farhoudi I, Parsay S. Correlation between keratinized tissue width and periodontal indices around implant-supported fixed partial dentures. *J Adv Periodontol Implant Dent.* 2018;10(1):24-28.
81. Gobbato L, Avila-Ortiz G, Sohrabi K, Wang CW, Karimbux N. The effect of keratinized mucosa width on peri-implant health: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;28(6):1536-1545.
82. Cosyn J, Thoma DS, Hämmerle CHF, De Bruyn H. Esthetic assessments in implant dentistry: objective and subjective criteria for clinicians and patients. *Periodontol 2000.* 2017;73(1):193-202.
83. Fürhauser R, Florescu D, Benesch T, Haas R, Mailath G, Watzek G. Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: the pink esthetic score. *Clin Oral Implants Res.* 2005;16(6):639-644.

84. Capturing the Million-Dollar Smile: Success with Implants in the Esthetic Zone [Internet]. Quintessence Publishing Blog. 2020 Consulté le [24 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.quintpub.net/news/2020/01/capturing-the-million-dollar-smile-success-with-implants-in-the-esthetic-zone/>
85. Gao X, Qin S, Cai H, Wan Q. Comparison of general and aesthetic effects between flapless and flap techniques in dental implantation: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Implant Dent.* 2021;7:100.
86. Ravidà A, Saleh I, Siqueira R, Garaicoa-Pazmiño C, Saleh MHA, Monje A, et al. Influence of keratinized mucosa on the surgical therapeutical outcomes of peri-implantitis. *J Clin Periodontol.* 2020;47(4):529-539.

Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année [2023] -

Le flapless en implantologie : état des lieux en 2023 / Manal **AKADI**. -p (66) : ill. (17) ; réf. (86).

Domaines : Implantologie dentaire

Mots clés Libres : Implantologie flapless, lambeau, poinçon, mini-incision, mise en place implantaire

Mots clés Rameau : Implantologie flapless, lambeau, poinçon, mini-incision, mise en place implantaire

Mots clés FMeSH : Implantologie flapless, lambeau, poinçon, mini-incision, mise en place implantaire

Résumé de la thèse :

L'implantologie dentaire a profondément transformé le domaine de la dentisterie au cours des dernières décennies. Le remplacement des dents manquantes est devenu une préoccupation fréquente au sein des cabinets dentaires.

La méthode conventionnelle d'implantation, qui exige la réclinaison d'un lambeau muco-périosté, peut présenter des inconvénients esthétiques et représenter une intervention lourde pour le patient.

Ce travail compare cette approche à une technique appelée *flapless*, qui ne nécessite pas l'élévation des tissus pour la mise en place des implants. La comparaison porte à la fois sur les approches muqueuses et osseuses utilisées pour l'implantation, tout en examinant les avantages et limites associés à chaque méthode.

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Kevimy AGOSSA
Assesseurs : Monsieur le Docteur Laurent NAWROCKI
Monsieur le Docteur Maxime BEDEZ
Monsieur le Docteur Jordan QUERTAINMONT