



HAL
open science

Régénération osseuse guidée avec grille titane : intérêts et indications par rapport aux autres techniques

Guillaume Garuet-Lempirou

► **To cite this version:**

Guillaume Garuet-Lempirou. Régénération osseuse guidée avec grille titane : intérêts et indications par rapport aux autres techniques. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-03627128

HAL Id: dumas-03627128

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03627128>

Submitted on 1 Apr 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2022

Thèse n° 21

THÈSE POUR L'OBTENTION DU
**DIPLÔME D'ÉTAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement

Par Guillaume GARUET-LEMPIROU

Né le 04 mai 1995 à Limoges

Le 14 mars 2022

**Régénération osseuse guidée avec grille titane : intérêts et
indications par rapport aux autres techniques**

Sous la direction de : Dr BERCAULT Bastien

Membres du jury :

M. ELLA NGUEMA Bruno
M. CATROS Sylvain
Mme FENELON Mathilde
M. BERCAULT Bastien

Professeur des Universités
Professeur des Universités
Maitre de conférences des universités
Assistant hospitalo-universitaire

Président
Rapporteur
Assesseur
Directeur

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ
01/12/21

Président M. TUNON DE LARA Manuel
Directeur de Collège des Sciences de la Santé M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES

Directrice Mme BERTRAND Caroline 58-01
Directeur Adjoint à la Pédagogie Mr DELBOS Yves 56-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche M. CATROS Sylvain 57-01
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales M.SEDARAT Cyril 57-01

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme	Caroline	BERTRAND	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M	Sylvain	CATROS	Chirurgie orale	57-01
M	Raphaël	DEVILLARD	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Véronique	DUPOIS	Prothèse dentaire	58-01
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux	58-01
M.	Jean-Christophe	FRICAIN	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-01

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme	Elise	ARRIVÉ	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Cécile	BADET	Biologie Orale	57-01
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Michel	BARTALA	Prothèse dentaire	58-01
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Sylvie	BRUNET	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-01
M.	Jacques	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M,	Jean-Christophe	COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01
M,	Emmanuel	D'INCAU	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Dominique	GILLET	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01
Mme	Javotte	NANCY	Odontologie pédiatrique	56-01

M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire	58-01
M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Johan	SAMOT	Biologie Orale	57-01
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Biologie Orale	57-01
M.	Eric	VACHEY	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01

AUTRES ENSEIGNANTS

M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-01
M	Pierre-Hadrien	DECAUP	Prothèse dentaire	58-01

ASSISTANTS

M.	William	AUMAILLEY	Prothèse dentaire	58-01
M.	Bastien	BERCAULT	Chirurgie Orale	57-01
M.	Baptiste	BERGES	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Virginie	CHUY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Diane	DELADRIERE	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M	Quentin	DESPERIEZ	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Laura	DONNET	Biologie Orale	57-01
Mme	Julia	ESTIVALS	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Laurie	FUCHS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Paul	GIRARDEAU	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mr	Pierre-André	GUILLAUD	Parodontologie	57-01
Mme	Jane	GOURGUES	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mr	Louis	HUAULT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Mathilde	JACQUEMONT	Parodontologie	57-01
Mr	Aymeric	JOUBERT DU CELLIER	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mr	Jean-Baptiste	IRIBARREN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Claudine	KHOURY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Camille	LACAULE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Antoine	LAFITTE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M,	Xavier	LAGARDE	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Mathilde	LEVRIER	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Léa	MASSE	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Chiara	PASCALI	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Rawen	SMIRANI	Parodontologie	57-01
Mme	Florianne	VILLAT	Dentisterie restauratrice et endodontie	5801
M.	Clément	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

Remerciements

À notre Président de thèse

Monsieur le Professeur Bruno ELLA NGUEMA

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Section Sciences anatomiques et physiologiques – Biomatériaux – 58-01

*Je vous remercie de l'honneur et du plaisir que vous me faites en présidant ce jury.
Veuillez trouver ici mes remerciements et mon profond respect.*

À notre Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Bastien BERCAULT

Assistant hospitalo-universitaire

Section Chirurgie orale – 57-01

*Je vous remercie d'avoir accepté de diriger cette thèse.
Merci pour vos conseils et votre disponibilité qui m'ont permis de mener à bien ce travail.
Je vous prie de trouver ici toute l'expression de ma gratitude.*

À notre Rapporteur de thèse

Monsieur le Professeur Sylvain CATROS

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Section Chirurgie orale – 57-01

*Je vous remercie d'avoir accepté d'être rapporteur de cette thèse.
Merci pour votre accompagnement durant la rédaction et pour l'enseignement que vous nous
avez dispensé.
Que cette thèse témoigne du profond respect que je vous porte.*

À notre Assesseur

Madame le Docteur Mathilde FENELON

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Section Chirurgie orale – 57-01

*Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en siégeant dans mon jury.
Merci pour votre gentillesse et votre enseignement à la faculté.
Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon plus profond respect.*

À mes parents et ma sœur,

Ces quelques lignes ne suffiront jamais à dire combien vous comptez pour moi. Merci pour tous ces moments passés avec vous, on peut dire que nous sommes une famille soudée. Papa, Maman, si j'en suis là aujourd'hui c'est grâce à votre soutien et votre amour. Je n'aurais pu rêver de meilleurs parents. Marie, la vie aurait été beaucoup plus ennuyeuse sans toi. Je te souhaite tout le bonheur et la réussite que tu mérites. Bon, tu pilotes des 737 donc je pense que c'est bien parti...

À ma famille,

Papy, mamie, parrain, j'ai la chance de vous avoir depuis toujours à mes côtés. Vous avez toujours cru en moi et je sais que ce travail vous rend d'autant plus fiers.

Luc, Lucie, tous ces moments passés avec vous sont inoubliables, j'espère qu'on en vivra encore beaucoup.

Théo, tu fais maintenant partie de la famille et c'est une chance de t'avoir comme beau-frère. Merci pour ton aide précieuse dans la rédaction de cette thèse.

Et toute ma famille plus ou moins éloignée, merci pour tous ces moments passés ensemble. Vous comptez beaucoup pour moi.

À mes amis,

Amaury, Thomas, Victor, ces années à Bordeaux ont été d'autant plus belles avec vous. Merci pour toutes ces soirées, WEI, ou encore rallyes qu'on a faits ensemble. Maintenant c'est plutôt mariages et baptêmes, mais c'est tout aussi bien ! J'espère qu'on passera encore beaucoup de moments comme ça.

Kim, tu m'as permis de profiter de Bordeaux un peu plus longtemps. Merci pour ta bonne humeur, tes balades en skate électrique et tes gamelles en VTT. C'est toujours un immense plaisir de venir te voir. Pas dormi bro !

Jules, Victor, Hibon : la team surf bro. Entre l'hôpital, les sessions de surf, les OB ; le tout agrémenté des blagues de Jul... On en a passé des bons moments, j'espère que ça va continuer.

Antoine et Carl, merci pour votre soutien et vos conseils dans la vie en général. Vous êtes comme des frères pour moi. (PS : Ne regardez pas trop les photos de cette thèse)

À la team dentaire d'Oradour,

J'ai pris énormément de plaisir à travailler à vos côtés. Ces deux années avec vous m'ont beaucoup appris et m'ont permis d'aimer encore plus ce métier. Je pars pour de nouvelles aventures, mais croyez-moi je ne vous oublie pas. Merci en particulier à Doru pour tes précieux conseils et à Mylène pour ton soutien depuis les entraînements de basket.

Enfin merci à Bucky, Princesse, Baloo, et Roocky, parce qu'au moment où j'écris ces lignes, vous êtes là à ronronner à côté de moi ou à essayer de monter sur mes genoux...

Table des matières

1	Introduction	10
2	Généralités.....	11
2.1	Rappels sur la physiologie osseuse	11
2.1.1	Rôle du tissu osseux	11
2.1.2	Organisation du tissu osseux.....	11
2.1.3	Composition du tissu osseux	13
2.1.4	Le remodelage osseux	14
2.2	La cicatrisation osseuse	16
2.2.1	Le lit receveur	16
2.2.2	Les possibilités de formation osseuse.....	16
2.3	Les tissus osseux buccaux	17
2.3.1	L'os alvéolaire.....	17
2.3.2	La densité osseuse.....	17
2.4	Les défauts osseux.....	18
2.4.1	Cicatrisation après la perte d'une dent	18
3	Les greffes osseuses	21
3.1	Les différents matériaux pour la greffe	21
3.1.1	Autogreffes.....	21
3.1.2	Allogreffes	22
3.1.3	Xénogreffes	22
3.1.4	Greffes alloplastiques.....	22
3.2	Les différentes techniques de greffe	23
3.2.1	Les greffes osseuses d'apposition	23
3.2.2	La régénération osseuse guidée	26
3.2.3	Le comblement sous-sinusiens.....	29
3.2.4	Les techniques d'expansion de crête.....	29
4	La régénération osseuse guidée avec grille titane.....	31
4.1	Présentation.....	31
4.2	Technique.....	31
4.3	Propriétés mécaniques	33
4.4	Indications.....	34
4.5	Matériaux de comblement	35
4.6	Recouvrement de la grille	36
4.7	Manipulation.....	37
4.8	Risque d'exposition	38
5	Revue systématique de la littérature.....	40
5.1	Matériel et méthode	40
5.1.1	Schéma d'étude.....	40
5.1.2	Définition des mots clés	40
5.1.3	Stratégie de recherche	40
5.1.4	Critères d'inclusions/exclusions	40

5.1.5	Sélection des articles	41
5.2	Résultats	41
5.2.1	Synthèse des études.....	43
5.2.2	Résumé des études.....	45
6	<i>Discussion</i>	58
6.1	Qualité et quantité de la régénération obtenue.....	58
6.2	Complications.....	60
6.3	Taux de réussite des implants.....	62
7	<i>Conclusion</i>.....	63
8	<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	64

1 Introduction

L'implantologie prend une place de plus en plus importante dans la pratique quotidienne du chirurgien-dentiste. Plus les années passent et plus on a de recul sur cette technique dont l'efficacité n'est plus à prouver. Bien sûr la dent doit être conservée au maximum, car celle-ci sera toujours plus efficace qu'un implant. Mais lorsque la conservation n'est plus possible, l'implant est bien souvent la meilleure solution pour restaurer la fonction et/ou l'esthétique.

La mise en place d'un ou plusieurs implants nécessite une quantité d'os suffisante pour assurer la stabilité primaire et l'ostéo-intégration. Lorsqu'une dent est perdue, l'os sous-jacent subit une résorption due à l'absence de sollicitations mécaniques. Cette résorption est progressive et augmente avec le temps si aucune solution prothétique n'est mise en place.

C'est pourquoi la mise en place d'implants nécessite parfois une chirurgie pré-implantaire qui intéresse les tissus mous et/ou les tissus osseux.

Dans cette thèse nous allons nous concentrer sur la partie osseuse avec la greffe osseuse. Une greffe osseuse est réalisée lorsque le volume d'os est insuffisant pour la pose d'un ou plusieurs implants. Celle-ci permet de reconstruire le volume d'os manquant pour retrouver une morphologie correcte des crêtes et ainsi mettre en place les implants.

Plusieurs techniques de greffe ont été décrites dans la littérature. La greffe par bloc en onlay ou encore le coffrage autogène de Khoury sont des techniques de référence qui fonctionnent très bien. Cependant ce sont des chirurgies complexes techniquement qui prennent du temps et qui nécessitent parfois un second site de prélèvement osseux.

La technique de greffe à l'aide d'une grille titane est apparue plus récemment et commence à trouver son intérêt auprès des praticiens. En effet c'est une chirurgie plus simple à réaliser, plus rapide, nécessitant moins d'os du patient et dont les suites opératoires sont moins lourdes.

Après un rappel sur la physiologie osseuse et les différentes techniques de greffe, nous allons montrer quels sont les avantages et inconvénients de la grille titane, si elle est efficace et s'il y a un intérêt à la privilégier plutôt qu'une technique traditionnelle.

2 Généralités

2.1 Rappels sur la physiologie osseuse

(1)

2.1.1 Rôle du tissu osseux

Dans notre organisme, le tissu osseux assure différentes fonctions :

- **Protection** : nos différents organes sont protégés par la boîte crânienne ou les côtes par exemple
- **Métabolique** : avec le maintien de l'équilibre phosphocalcique
- **Hématopoïétique** : les cellules sanguines sont fabriquées dans la moelle osseuse
- **Biomécanique** : Les propriétés mécaniques de l'os lui permettent de résister aux contraintes extérieures, aux fortes contractions des muscles, ou encore à la pesanteur.

2.1.2 Organisation du tissu osseux

I. Organisation structurale

A. Structure primaire

La structure primaire de l'os est composée d'os tissé ou fibreux et d'os lamellaire. L'os fibreux est caractérisé par une trame collagénique peu ordonnée et irrégulièrement minéralisée. Cet os est synthétisé rapidement et est mécaniquement peu résistant. L'os fibreux sera au fur et à mesure remplacé par l'os lamellaire. L'os lamellaire est constitué de lamelles de 3 à 7 microns d'épaisseur, parallèles entre elles.

B. Structure secondaire

L'os est constitué de la juxtaposition d'« ostéons » centrés sur des vaisseaux sanguins associés à des fibres nerveuses dont la forme dépend du type d'os auquel elle appartient (os cortical ou spongieux). Leur limite externe est constituée par la ligne cémentante. Entre les ostéons, le tissu osseux est appelé os interstitiel.

II. Organisation architecturale

A. Os cortical (ou compact)

Il constitue la paroi externe de toutes les pièces osseuses ainsi que la diaphyse des os longs. Ses ostéons sont cylindriques et centrés par un canal de Havers orienté parallèlement à l'axe de la diaphyse. Les canaux de Havers sont reliés par les canaux de Volkmann.

B. Os trabéculaire (ou spongieux)

Il est constitué de travées en forme de plaques ou colonnes reliées entre elles et entourées par du tissu adipeux hématopoïétique richement vascularisé. Les travées forment un réseau tridimensionnel, l'unité de base est cette fois un héli-ostéon en forme de croissant ouvert sur la moelle.

Il joue un rôle majeur dans l'équilibre phosphocalcique grâce aux échanges avec les liquides interstitiels et un renouvellement plus rapide que celui de l'os cortical. Il participe également à la résistance aux contraintes mécaniques.

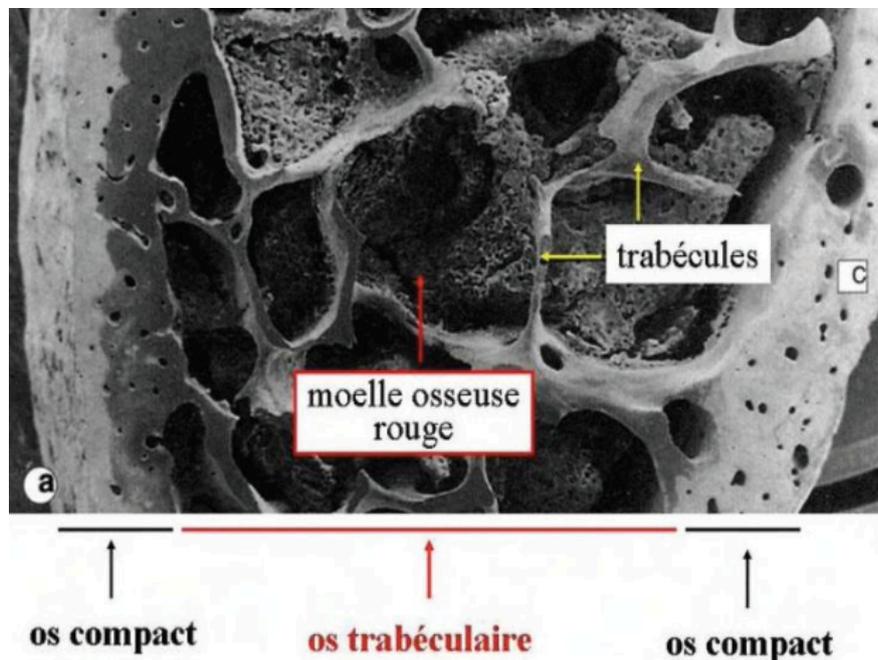


Figure 1 : Organisation architecturale du tissu osseux en os cortical (ou compact) et en os trabéculaire (ou spongieux). (1)

2.1.3 Composition du tissu osseux

C'est un tissu conjonctif spécialisé composé d'une substance organique minéralisée. Sa matrice osseuse est composée d'une fraction organique et d'une fraction minérale, ainsi que des cellules osseuses ostéoblastiques et ostéoclastiques.

A. La matrice osseuse

L'ostéoblaste synthétise la matrice osseuse et régule sa minéralisation. La fraction organique de la matrice est composée à 90 % de collagène de type 1 et à 10% de protéines non collagéniques (PNC). Cette matrice organique est appelée tissu ostéoïde et est minéralisée dans un second temps. La fraction minérale est constituée de cristaux d'hydroxyapatite de calcium.

B. Les cellules osseuses

1. Origine

La moelle produit deux grands types de cellules souches :

- Les cellules souches de la lignée hématopoïétique, à l'origine des ostéoclastes.
- Les cellules souches mésenchymateuses ou stromales qui sont à l'origine, entre autres, des ostéoblastes et des chondroblastes.

2. La lignée ostéoclastique

L'ostéoclaste mature est une cellule géante multinucléée. Elle a la capacité de résorber la matrice osseuse minéralisée. Le pôle basal présente une membrane plissée appelée bordure en brosse au contact de laquelle la matrice est résorbée. Une poche hermétique est formée entre la membrane plissée et l'os dans laquelle l'ostéoclaste relargue des ion H^+ grâce à une pompe à protons. La phase minérale du tissu osseux est alors dissoute, puis la matrice collagénique est digérée sous l'effet d'enzymes lysosomiales. L'os résorbé laisse peu à peu la place à une lacune de « Howship ». La durée de vie d'un ostéoclaste est en moyenne de deux semaines après lesquelles il entre en apoptose.

3. La lignée ostéoblastique

a. L'ostéoblaste

Ce sont des cellules alignées et attachées sur la matrice osseuse, caractérisées par une activité de phosphatase alcaline importante. Ils ont pour fonction de synthétiser la matrice et de participer à sa minéralisation. Au fur et à mesure que la matrice est synthétisée, les ostéoblastes deviennent moins actifs et s'aplatissent. Ils vont soit s'incorporer à l'ostéoïde et devenir des ostéocytes, soit devenir des cellules bordantes.

b. L'ostéocyte

Certains ostéoblastes matures se retrouvent emmurés dans la matrice minéralisée, au sein de logettes appelées ostéoplastes, et deviennent alors des ostéocytes. L'ostéocyte est une cellule étoilée qui possède de nombreux prolongements cytoplasmiques au-delà de l'ostéoplaste. Ce réseau permet de relier les ostéocytes entre eux et aux cellules de la surface (ostéoblastes et cellules bordantes) assurant la transmission de diverses informations chimiques et mécaniques. Ils ont un rôle de « mécanorécepteurs ». Ils sont capables de synthétiser certaines molécules, des agents inhibiteurs de la formation osseuse, ainsi que différentes protéines matricielles.

c. Les cellules bordantes

Ce sont des ostéoblastes qui se sont aplatis progressivement à la surface osseuse. Elles ont différents rôles, comme la capacité de se transformer en cellules ostéogéniques sous l'action de certains stimuli, ou encore d'agir sur l'activité ostéoclastique.

2.1.4 Le remodelage osseux

Le remodelage osseux a trois principales fonctions : il permet tout d'abord de réguler l'équilibre minéral de l'organisme. Il constitue ensuite un mécanisme d'adaptation du squelette à son environnement mécanique, réduisant ainsi le risque de fracture. Il permet enfin le renouvellement tissulaire et la réparation des dommages osseux.

Le remodelage osseux résulte de l'activité de multiples équipes cellulaires appelées BMU (Basal Multicellular Unit) au sein desquelles agissent les ostéoclastes qui résorbent l'os et les ostéoblastes qui apposent une matrice ostéoïde. Dans l'os cortical, ces structures s'organisent autour des canaux

de Havers. Dans l'os trabéculaire ces mêmes structures sont ouvertes sur la moelle. L'os trabéculaire se renouvelle 5 à 8 fois plus vite que l'os cortical.

Le remodelage commence par une activation des cellules bordantes. Ces cellules dégradent la couche collagénique sous-jacente et attirent les préostéoclastes sur la zone osseuse exposée : c'est la phase d'« activation ». Ces préostéoclastes fusionnent pour devenir des ostéoclastes actifs et adhèrent à la surface osseuse : c'est la phase de « résorption ». Les ostéoclastes sont ensuite remplacés par des cellules mononucléées de type macrophagiques qui préparent la lacune avec notamment le dépôt de la ligne cémentante au fond de celle-ci : c'est la phase d'« inversion ». Puis les ostéoblastes sont recrutés dans cette lacune qu'ils comblent en apposant le tissu ostéoïde qui sera ensuite minéralisé. C'est la phase de « formation ». Enfin durant la phase de « quiescence » la minéralisation secondaire de la matrice est parachevée.

Ce mécanisme de renouvellement osseux est soumis à l'influence de facteurs exogènes et endogènes dont les plus importants sont des facteurs locaux et hormonaux, ainsi que les contraintes mécaniques.

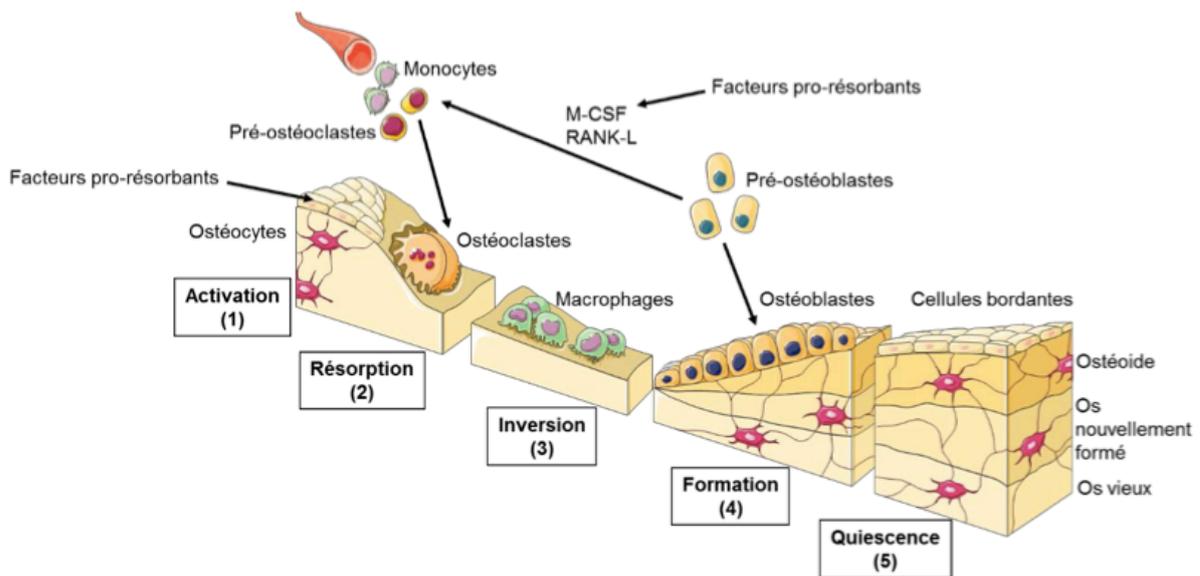


Figure 2 : Schéma du cycle de remodelage osseux (69)

Le remodelage osseux est contrôlé par des facteurs locaux et systémiques.

Il y a également une adaptation aux contraintes mécaniques et aux apports énergétiques.

2.2 La cicatrisation osseuse

(2)

2.2.1 Le lit receveur

Lors d'une greffe osseuse, un greffon est mis en place sur un lit receveur. Pour qu'il y ait une cicatrisation de ce greffon, le système vasculaire doit proliférer au sein du tissu greffé. Cette prolifération va se faire à partir de la couverture périostée qui va fournir les éléments vasculaires et ostéoprogéniteurs durant l'intégration du greffon.

L'os cortical contient très peu d'artérioles, alors que l'os spongieux possède un intense réseau vasculaire. Pour faciliter cette cicatrisation, l'os cortical receveur pourra être perforé lors de la chirurgie pour favoriser l'apport vasculaire, surtout à la mandibule où l'os est plus épais.

2.2.2 Les possibilités de formation osseuse.

A. L'ostéogénèse

Elle se définit comme la croissance d'os à partir de cellules vivantes présentes au sein d'un greffon. Ainsi il n'y a que l'os autogène qui remplit ces conditions.

L'os va se former à partir des cellules fournies par le greffon. Elles sont précurseurs d'ostéoblastes et de cellules mésenchymateuses qui vont se différencier. Cependant la vitalité d'un greffon est difficile à conserver et les cellules résidentes seront souvent en dégénérescence. Il est donc aléatoire de compter sur ce contingent.

B. L'ostéoconduction

Elle se caractérise par l'apposition à partir de l'os environnant sur les surfaces du greffon. C'est le cas pour un greffon autogène présentant soit une faible vitalité, soit une faible densité cellulaire comme l'os cortical. Il se comporte comme un échafaudage, où la formation osseuse se met en place à la surface des fragments osseux selon le procédé de remodelage traditionnel.

Les allogreffes, les xénogreffes, et les matériaux synthétiques ne peuvent présenter de capacités ostéogéniques. Leur résorption et leur remplacement par l'os néoformé subissent le processus de remodelage osseux. Ainsi ils sont seulement ostéoconducteurs.

Le succès de l'ostéoconduction est lié au respect de deux impératifs chirurgicaux :

- Avoir une surface de contact maximale entre le greffon et l'os du site receveur
- Assurer une stabilité parfaite du greffon. (3)

C. L'ostéo-induction

C'est une possibilité de néoformation osseuse, à partir de cellules mésenchymateuses qui se sont différenciées en cellules ostéoprogénitrices sous l'influence d'agents présents dans la matrice osseuse. Le matériau peut alors induire une formation osseuse même en l'absence d'os. Cette propriété a été révélée par l'identification de facteurs ostéo-inducteurs dans la matrice osseuse. Ce sont les protéines morphogénétiques osseuses (BMPs).

2.3 Les tissus osseux buccaux

2.3.1 L'os alvéolaire

L'os alvéolaire est dépendant de l'organe dentaire. Il naît, vit et meurt avec la dent.

L'os alvéolaire va se former en même temps que la racine de la dent. Celle-ci s'organise autour de la gaine épithéliale de Hertwig qui constitue l'union de l'épithélium adamantin interne et externe. Au contact de la pulpe, la gaine de la racine induit la formation des odontoblastes qui vont produire la dentine. En périphérie les cellules de la gaine épithéliale de Hertwig transforment les cellules mésenchymateuses en cémentoblastes. Plus en périphérie encore, les odontoblastes induisent la formation de la lame pré-odontoblastique (futur ligament alvéolo-dentaire) et la transformation des cellules mésenchymateuses en ostéoblastes. La formation des tissus parodontaux et donc de l'os alvéolaire sont alors complètement dépendants de la formation de la dent. On observe ainsi une absence d'os alvéolaire dans les cas d'agénésies multiples. (4)

2.3.2 La densité osseuse

Selon Zarb et Lekholm (5), l'os peut être classé en 4 types selon la proportion d'os cortical et d'os spongieux qui le compose. Cette proportion influence sa densité et va nous orienter dans le choix du greffon et la planification implantaire.

- Type I : C'est un os très dense composé presque exclusivement d'os cortical. La vascularisation intra osseuse est très peu développée. On retrouve cet os au niveau de la région symphysaire à la mandibule.

- Type II : Il est composé d'un noyau spongieux à trabéculations denses entouré par un os cortical épais. On retrouve ce type d'os dans le secteur prémolaire maxillaire et à la mandibule.
- Type III : Un os cortical fin entoure un noyau spongieux à trabéculations denses. On retrouve cet os au niveau postérieur mandibulaire et antérieur maxillaire.
- Type IV : Un os cortical fin entoure un noyau spongieux peu dense. C'est le type d'os le moins dense, où le temps d'ostéointégration est le plus long. On retrouve cet os en région postérieure maxillaire.

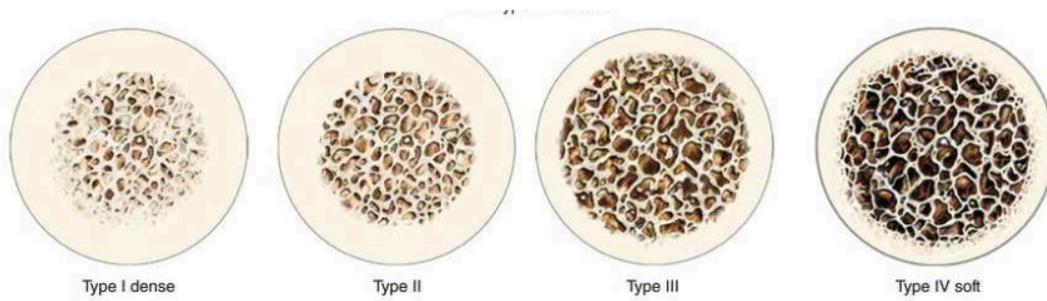


Figure 3 : Schéma des différents types de densités osseuses selon Zarb et Lekholm (5)

2.4 Les défauts osseux

La perte d'une ou plusieurs dents entraîne une résorption plus ou moins rapide et plus ou moins importante de l'os alvéolaire. En effet les phénomènes de cicatrisation de l'alvéole suffisent rarement à combler l'espace laissé par la perte de la racine. Cette perte d'os va former un déficit osseux.

2.4.1 Cicatrisation après la perte d'une dent

À la suite de la perte d'une dent, différents phénomènes vont se mettre en place pour cicatriser l'alvéole dans le but de la ré-ossifier. La cicatrisation du tissu osseux a en général une capacité de

régénérer des petites pertes ad integrum. Il n'en est alors pas de même pour le comblement d'une alvéole qui subit toujours une légère perte de volume. (6)

La cicatrisation d'une alvéole après une extraction suit 3 grandes étapes : (7)

A. La phase inflammatoire

Juste après l'extraction de la dent, un caillot sanguin fibrino-plaquettaire se forme dans l'alvéole. Au bout du deuxième jour, le caillot est partiellement remplacé par du tissu de granulation qui va permettre la détersion du site. Ce tissu est composé de vaisseaux, de cellules inflammatoires, et d'érythrocytes.

B. La phase proliférative

Le tissu de granulation est remplacé par une matrice fibro-conjonctive. Elle est composée d'un réseau de fibres de collagène dans lequel se disposent des cellules mésenchymateuses ainsi que l'ébauche d'une néovascularisation.

C. La phase de maturation

Elle débute à la troisième semaine. Un tissu osseux immature va se former à la place de la matrice fibro-conjonctive. Il va se remodeler pour former un tissu osseux mature. Le remodelage osseux initial se fait dans un laps de temps court, et il va ensuite se poursuivre sur plusieurs semaines, voire plusieurs mois.

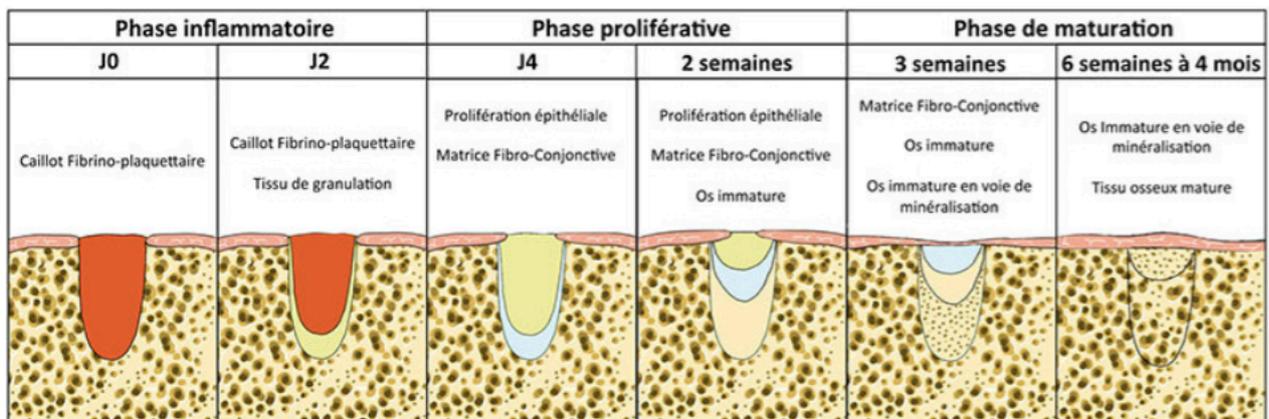


Figure 4 : Schéma de la cicatrisation de l'alvéole après l'avulsion d'une dent (7)

La réalisation de sutures pour stabiliser le caillot ou encore la mise en place de biomatériaux dans l'alvéole peuvent permettre de réduire la perte osseuse. Il y aura cependant toujours une perte de volume, même en prenant ces précautions. Cette résorption s'effectue en hauteur et en épaisseur. (6) (7)

D. Classification des défauts

Selon le temps d'édentement et la place qu'occupait la ou les racines de la dent extraite, la perte osseuse intéresse l'os alvéolaire et peut s'étendre jusqu'à l'os basal. Le défaut peut alors être vertical lorsqu'il est dans le sens corono-apical ; ou horizontal lorsqu'il est dans le sens vestibulo-palatin.

Atwood (8) a décrit 6 stades de résorption de la crête alvéolaire après une ou plusieurs extractions ; allant d'une résorption initiale à une résorption sévère. Cette résorption se ferait d'abord en largeur puis de façon verticale ensuite. De plus, la perte osseuse la plus importante se produirait au cours de la première année suivant l'extraction.

Plusieurs classifications des défauts osseux ont été décrites, dont celle de Seibert et al. Dans cette classification, les défauts de classe I représentent une perte vestibulo-linguale avec une dimension verticale normale de la crête. La classe II représente un défaut vertical avec des dimensions horizontales normales. Le défaut de classe III est une déficience en hauteur et en largeur. Selon cette classification les défauts de classe I ont des résultats plus prévisibles que les défauts de classe II et III. La limite de cette classification est qu'elle ne prend pas en compte la taille du défaut. (9)

Classification HVC (9) :

Hom-Lay W. et Khalaf A-S. ont présenté une nouvelle classification. Il s'agit d'une modification de celle de Seibert qui tente de remédier à certaines de ses limites. Elle reprend les trois catégories en remplaçant les classes I, II, et III par H (horizontal), V (vertical), et C (combinés). Chaque catégorie est divisée en sous-catégorie avec s (small, $\leq 3\text{mm}$), m (medium, 4 à 6mm), et l (large, $\geq 7\text{mm}$).

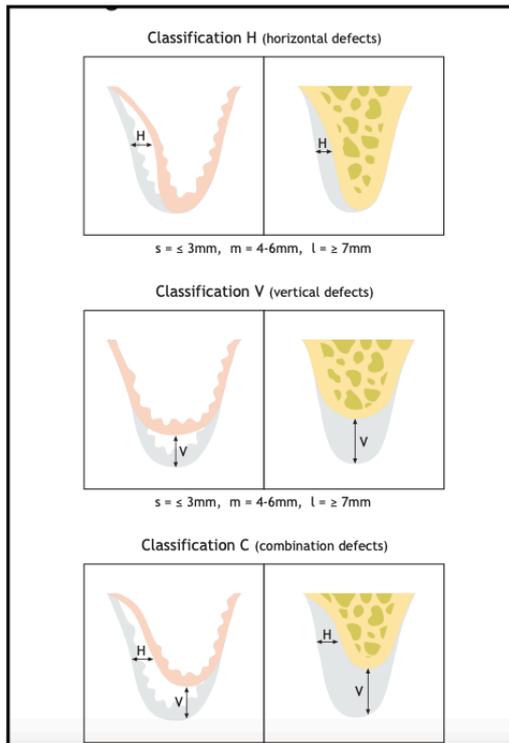


Figure 5 : Classification HVC des crêtes (9)

Defect class*	Fixed prosthesis	Implant†
H-s	"Roll" procedure Pouch procedure Inlay soft tissue graft	Ridge expansion procedures Inlay/onlay monocortical grafts GBR
H-m	Pouch procedure Inlay soft tissue graft	Inlay/onlay monocortical grafts GBR
H-l	Inlay soft tissue graft Interpositional graft	Inlay/onlay monocortical grafts GBR
V-s	Interpositional graft	Orthodontic extrusion GBR
V-m	Interpositional graft Onlay soft tissue graft	Orthodontic extrusion GBR Onlay osseous grafts Distraction osteogenesis
V-l	Interpositional graft Onlay soft tissue graft (low predictability)	GBR Onlay osseous grafts Distraction osteogenesis
C-s	Combination of soft tissue grafting procedures	Inlay/onlay monocortical grafts GBR
C-m	Combination of soft tissue grafting procedures (low predictability)	Combination of GBR, monocortical inlay/onlay grafts, and distraction osteogenesis
C-l	Difficult to correct May be improved to smaller defect with combination of soft tissue grafting procedures	Difficult to correct Large extraoral block grafts (tibia, rib, calvaria) Multiple procedures needed

Figure 6 : Traitement selon le défaut (9)

En plus de cette description du défaut, des propositions de traitement sont données selon où il se situe dans la classification (Fig 6).

3 Les greffes osseuses

3.1 Les différents matériaux pour la greffe (10)(11)

Lors d'une greffe osseuse, différents types de matériaux peuvent être utilisés pour combler le défaut. Ils peuvent provenir directement du patient traité, d'un autre patient, d'animaux, ou peuvent être d'origine végétale ou synthétique.

3.1.1 Autogreffes

Le greffon provient directement du patient greffé. Il est ostéogénique, ostéoinducteur, et ostéoconducteur, c'est le matériau de référence. Ce greffon est prélevé le jour de l'intervention.

Plusieurs sites sont possibles pour le prélèvement : soit en intra oral au niveau de la région rétro molaire ou de la symphyse mentonnière, soit en extra oral au niveau de l'os pariétal ou de la crête iliaque. Ce matériau possède les meilleures propriétés pour optimiser l'ostéointégration du greffon. De plus il n'y a pas de risque de réactions croisées ou de rejet étant donné qu'il a la même origine que le site receveur.

3.1.2 Allogreffes

Le greffon vient d'un autre individu de la même espèce. Il est principalement ostéoconducteur. Une fois prélevé sur un donneur (par exemple au niveau de la tête fémorale), l'os va subir des traitements visant à garantir sa biocompatibilité. Il peut être sous forme de particules ou de blocs et provient de banques d'os allogéniques.

3.1.3 Xénogreffes

Le greffon provient d'une espèce différente que celle du receveur. L'origine est corallienne ou d'un mammifère, avec entre autres l'os bovin qui est très souvent utilisé. Comme l'os allogène, il subit des traitements pour ne garder que la trame minérale et le rendre biocompatible. Il a des propriétés ostéoconductrices.

3.1.4 Greffes alloplastiques

Le matériau est d'origine synthétique avec une base de céramique phospho-calcique, de bio-verres ou de polymères. Il est ostéoconducteur. Le matériau est le plus souvent utilisé sous forme de particules, mais peut aussi être fabriqué en blocs. Leur porosité est plus élevée que les autres substituts osseux, et le temps de résorption est ainsi plus rapide.

3.2 Les différentes techniques de greffe

3.2.1 Les greffes osseuses d'apposition

La greffe osseuse d'apposition consiste en un apport de matériau sous forme de bloc osseux vissé ou de particules osseuses sur un site présentant un défaut osseux. Le greffon peut être autogène ou exogène.

(12)

A. Technique par blocs autogène « en onlay » (13)

Dans la technique de la greffe en onlay, un bloc osseux autogène est prélevé sur un site donneur, puis vissé directement sur un site receveur dans le but d'augmenter son volume. Ce greffon peut être recouvert par une membrane ou non.

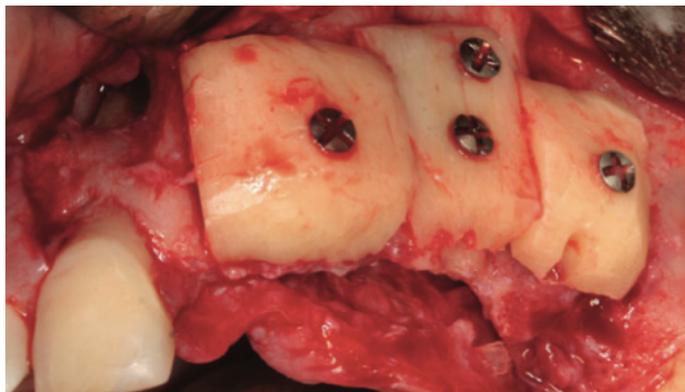


Figure 7 : Greffe en onlay (19)

Différents sites de prélèvement sont possibles :

- Prélèvement intra-oraux

Les prélèvements intra-oraux sont utilisés pour reconstruire les défauts de faible ou moyenne étendue. Deux types de prélèvements sont principalement utilisés :

- Le greffon symphysaire prélevé de part et d'autre de l'éminence mentonnière. Il procure un os très corticalisé avec une quantité d'os spongieux inégale en fonction de la morphologie de la symphyse.
- Le greffon de l'angle mandibulaire, appelé aussi prélèvement ramique ou rétromolaire. Il apporte une quantité importante d'os cortical avec la possibilité de prélever aussi de l'os spongieux.

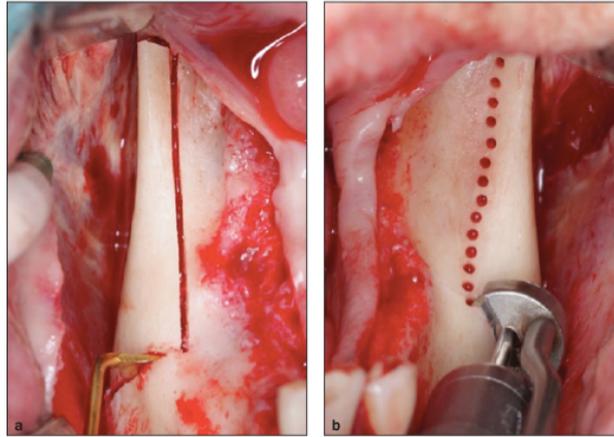


Figure 9 : Prélèvement ramique (70)

Ces prélèvements intra-oraux ont l'avantage de pouvoir être réalisés sous anesthésie locale et par un seul opérateur. Ils ont également la même origine embryologique de type membraneuse que le site receveur, avec un faible taux de résorption par rapport aux os d'origine endochondrale.

- Prélèvements extra-oraux

On réalise des prélèvements extra-oraux pour reconstituer des insuffisances osseuses de grande étendue. Il y a deux sites principaux : l'os iliaque et l'os pariétal.

Ce type de prélèvement est plus compliqué à mettre en place étant donné qu'il faut une équipe pluridisciplinaire pour réaliser l'intervention. En effet cette opération se fait sous anesthésie générale, et nécessite donc la présence d'un anesthésiste. Le prélèvement est réalisé par un chirurgien orthopédiste ou un chirurgien maxillo-facial. Un chirurgien-dentiste pratiquant la chirurgie orale, un stomatologiste ou encore un chirurgien maxillo-facial pourra alors réaliser la greffe en intra-oral.

Les prélèvements extra-oraux ont l'avantage d'avoir une bonne qualité d'os et une grande quantité à disposition.

B. Greffes osseuses particulières

Le fait d'utiliser des particules d'os broyées plutôt qu'un bloc entier permet de gagner en surface et induit une meilleure régénération osseuse. (14)

Les greffons d'os particuliers peuvent être de différentes origines ; soit prélevés directement sur le patient, sur un autre patient, d'origine animale, ou synthétique. Ces particules pourront également être mélangées entre elles, avec par exemple un mélange d'os autogène et d'os bovin.

L'inconvénient de ce genre de greffon est leur manque de stabilité. Ils devront ainsi être utilisés dans des défauts à 4 parois ou stabilisés par une barrière.

Le coffrage autogène : (6) (15)

Pour pallier les inconvénients des blocs autogènes, Khoury a proposé de réaliser un coffrage d'os particulaire avec des lames de corticale de faible épaisseur, fixées à l'aide de vis d'ostéosynthèse. L'espace libre entre la lame et l'os receveur est rempli par de l'os broyé.

Ces lames agissent comme une véritable membrane biologique dure et permettent de stabiliser et protéger les particules d'os greffé. Comparé à un bloc, l'espace inter granulaire laisse la place à l'angiogenèse et peut être considéré comme une forme de régénération osseuse guidée. L'utilisation d'os particulaire offrirait une meilleure qualité de greffe due à une meilleure revascularisation et à un remodelage plus intensif par ostéoconduction.

Cette technique reste cependant invasive pour le patient et, comme pour les blocs autogènes, la possibilité de s'adapter aux courbures du défaut est assez limitée.

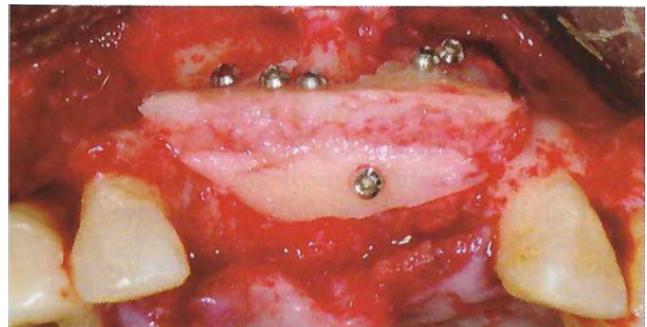
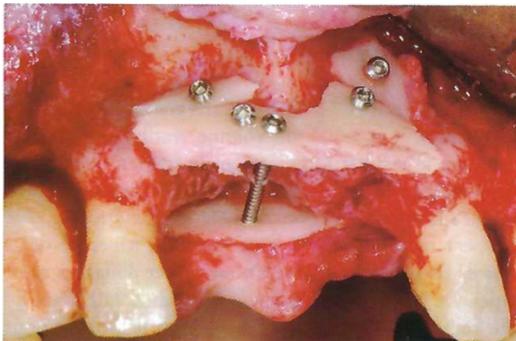


Figure 10 : Coffrage autogène (20)

3.2.2 La régénération osseuse guidée

A. Principes

La régénération osseuse guidée (ROG) est une extension de la régénération tissulaire guidée, qui est issue de la parodontologie. C'est un processus biologique qui permet la restauration du tissu osseux.

C'est Murray et al. 1957 qui ont mis en évidence le principe de régénération osseuse guidée en isolant mécaniquement avec une cage un défaut créé dans un os de chien. Après cicatrisation, l'intérieur de la cage était comblé par de l'os néoformé. (16)

Le principe de la ROG est de privilégier la formation osseuse avant la formation de tissus mous. Elle consiste à empêcher sélectivement les cellules épithéliales et celles du tissu conjonctif d'entrer dans la zone du défaut osseux grâce à une membrane barrière. Cette membrane, grâce aux différents taux de migration des cellules, permet aux ostéoblastes de pénétrer de manière préférentielle dans le défaut osseux pour achever l'induction et la régénération osseuse. Dans le même temps, le biomatériau du greffon sert d'échafaudage et guide les ostéoblastes et ostéocytes pour former un nouvel os. (17)

Le concept de régénération osseuse guidée repose sur plusieurs principes : (16)

- Maintien de l'espace nécessaire à la régénération osseuse
- Cet espace sera favorable à l'angiogenèse et à la formation osseuse
- Maintien et protection du caillot sanguin, source même de la régénération
- Mise en place d'une barrière contre l'invasion cellulaire du tissu conjonctif et épithélial gingival, empêchant ainsi la compétition cellulaire, défavorable à la minéralisation osseuse, d'avoir lieu.
- Sutures gingivales obtenues et maintenues avec une bonne gestion des forces postopératoires sous-jacentes.

B. Les différents types de membranes (16) (18)

Lors d'une ROG, la membrane assure la protection du caillot sanguin pour que l'angiogenèse et la minéralisation puissent se faire. Elle agit aussi comme un mainteneur d'espace nécessaire à la

reconstruction du volume osseux. Elle va également jouer un rôle de barrière contre l'invasion des cellules épithéliales et conjonctives.

Deux grandes familles de membranes existent : résorbables et non-résorbables.

1. Les membranes non résorbables

Ce sont les premières à avoir été utilisées en régénération osseuse guidée. Les plus utilisées sont les membranes téflon Gore Tex à base de e-PTFE : polytétrafluoroéthylène expansé.

C'est un matériau semi-cristallin et semi-opaque, avec une micro-porosité asymétrique : elle laisse passer les fluides d'origine vasculaire, mais bloque les cellules épithélio-conjonctives.

Elles ont l'avantage de se manipuler et de se fixer facilement. Leurs propriétés mécaniques et le fait qu'elles ne soient pas résorbables leur permettent d'assurer leur rôle de barrière sur une longue durée. Elles peuvent également être renforcées par une armature titane pour augmenter leurs propriétés mécaniques.

Cependant elles ont pour inconvénient d'être facilement colonisables par les bactéries lorsqu'elles sont au contact de la cavité buccale. L'exposition de la membrane devra donc être surveillée, car le risque d'infection est important.

2. Les membranes résorbables

Elles ont plusieurs avantages comme la simplification de la procédure chirurgicale, un meilleur rapport coût/efficacité, une diminution des complications postopératoires, et surtout qu'il n'y a pas à ré-intervenir pour la retirer étant donné qu'elle se résorbe.

Elles ont cependant des inconvénients comme une durée d'action plus limitée et non contrôlable, qu'il faut un matériau qui supporte la membrane et qu'il peut y avoir des interférences entre la résorption / cicatrisation et la régénération osseuse.

- Les membranes collagéniques

Elles sont fabriquées à partir de collagène porcine, bovine, ou équine. Elles sont très biocompatibles et supportent très bien le contact avec le milieu buccal.

Le temps de résorption est assez variable selon les membranes et peut aller de quelques semaines à plusieurs mois. L'idéal serait qu'elle ne se résorbe pas avant 4 à 6 mois. Les membranes dont les

fibres sont réticulées se résorbent plus lentement que celles dont les fibres ne le sont pas, mais elles sont aussi plus difficiles à manipuler.

- Les membranes synthétiques

Elles sont composées d'acide polylactique et polyglycolique, et se résorbent par hydrolyse.

3. Le concept membranaire PRF (Platelet Rich Fibrin)

La membrane PRF est obtenue par centrifugation du sang du patient. Elle concentre des leucocytes, des plaquettes et des molécules de cicatrisation de l'immunité.

La fibrine sert de support, permet l'angiogénèse et le contrôle immunitaire. La membrane PRF est perméable au développement d'une micro-vascularisation, guide la migration des cellules épithéliales, et possède un effet stimulant du maillage de fibrine sur la colonisation. Les cellules souches sont piégées par la matrice fibrineuse.

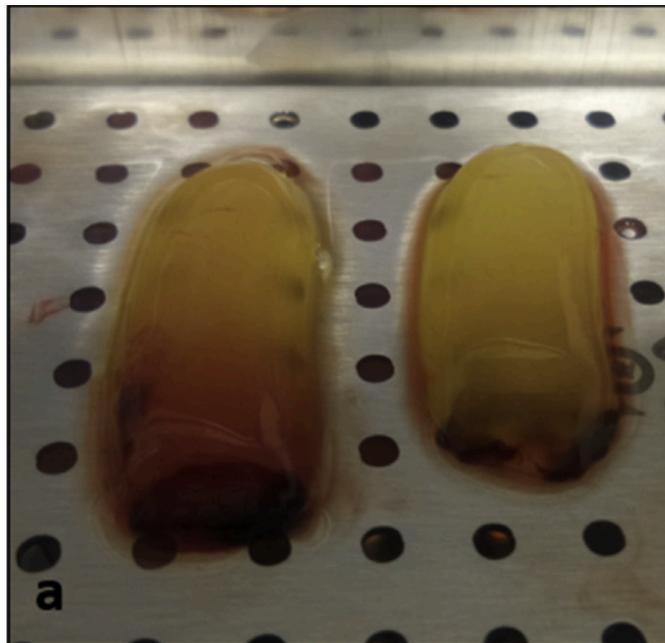


Figure 11 : Membranes PRF après centrifugation (41)

C. Les grilles en titane

Une alternative aux membranes résorbables consiste en l'utilisation d'une grille en titane.

La ROG avec grille titane est utilisée selon différentes méthodes et procédures cliniques. Le matériau de comblement osseux, le recouvrement de la grille ainsi que la mise en place de la grille

sont variables selon les techniques. Elle peut être associée à une membrane résorbable et/ou une membrane PRF.

La grille en titane peut être façonnée directement lors de l'intervention ou usinée par CFAO afin qu'elle soit parfaitement adaptée au défaut osseux.

Nous reviendrons plus tard sur cette technique qui est le sujet même de cette thèse.

3.2.3 Le comblement sous-sinusiens

Lorsqu'il y a une perte osseuse en regard du sinus maxillaire et que la hauteur osseuse est insuffisante, il est possible de réaliser une greffe de comblement sous la membrane sinusienne. Le principe est de réaliser une fenêtre osseuse pour accéder à la membrane, de décoller et soulever celle-ci à l'aide d'instruments spécifiques, puis de combler ce nouvel espace avec un matériau de greffe qui sera foulé et compacté. (21)

Le comblement sous sinusiens peut être associé ou non à une reconstruction de la crête. Ce choix se fera selon l'espace prothétique disponible.

3.2.4 Les techniques d'expansion de crête

Ces techniques ont l'avantage d'avoir un taux de succès très élevé, un faible remodelage osseux durant la cicatrisation, et des suites opératoires moins lourdes pour le patient. De plus il n'y a en général pas besoin d'un second site de prélèvement.

A. Ostéotomie verticale (21)

Cette technique consiste à sectionner et à déplacer coronairement un segment osseux crestal qui sera maintenu vascularisé par ses attaches muqueuses, et stabilisé dans sa position par ostéosynthèse.

La section de l'os est réalisée par piézo-chirurgie. Le segment est séparé de l'os basal grâce à un ciseau à os et déplacé coronairement à la hauteur souhaitée. Il est ensuite stabilisé dans cette position par des mini-plaques d'ostéosynthèse.

L'espace créé est ensuite comblé par un matériau de greffe.



Figure 12 : Stabilisation par plaques du segment translaté et comblement de l'espace medullaire avec de l'os de banque (22)

B. Augmentation horizontale

Cette technique s'utilise lorsque la crête a une bonne hauteur, mais est trop fine pour mettre un implant. Elle repose sur le même principe que l'ostéotomie verticale. Une incision crestale est réalisée puis les deux corticales sont écartées, et comblées par un matériau de greffe. L'implant peut être posé directement dans la même séance. (24)



Figure 13 : Insertion et progression d'un expenseur automatique (25)

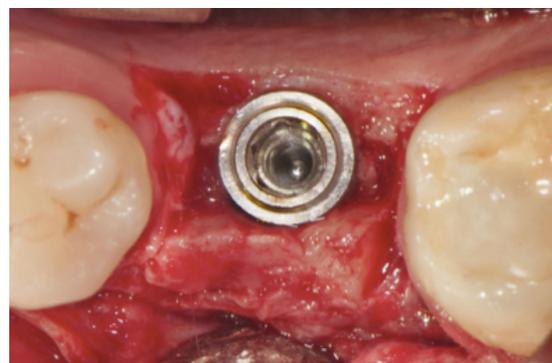


Figure 14 : Mise en place de l'implant (25)

4 La régénération osseuse guidée avec grille titane

4.1 Présentation

Comme nous l'avons dit plus haut, une des méthodes de régénération osseuse guidée consiste à utiliser une grille en titane comme membrane.

Aujourd'hui les membranes barrières couramment utilisées peuvent être divisées en membranes résorbables et non résorbables. Les principales membranes résorbables sont les membranes de collagène et les principales membranes non résorbables sont les ePTFE, le PTFE renforcé au titane et la grille en titane.

L'utilisation d'une grille en titane a élargi les indications de la ROG grâce à ses propriétés mécaniques et sa biocompatibilité. La ROG peut alors être utilisée pour des défauts osseux plus étendus et permet d'obtenir d'excellents résultats d'augmentation osseuse.

Actuellement, la ROG avec grille titane est utilisée selon différentes méthodes et procédures cliniques. Le matériau de comblement osseux, le recouvrement de la grille ainsi que la mise en place de la grille sont variables selon les techniques.

La conception de la grille est également variable puisqu'elle peut être façonnée directement lors de l'intervention, préformée sur un modèle 3D, ou usinée par CFAO.

4.2 Technique

Une évaluation des tissus mous est nécessaire avant toute intervention de ce type. Ils devront alors être augmentés si nécessaire, ceci avant ou après l'intervention.

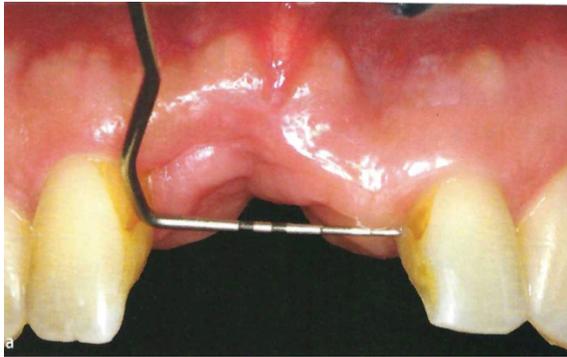
L'épaississement des tissus kératinisés rendra la manipulation plus facile, mais peut aussi la rendre plus difficile par la formation de tissus cicatriciels. Il faudra si possible éviter le déplacement de la ligne de jonction muco-gingivale (LJMG).

Le matériau de greffe contient en général de l'os autogène. Celui-ci est alors prélevé au niveau du site donneur (en général au niveau du ramus) par scrapping afin d'obtenir des copeaux qui seront utilisés pour la greffe.

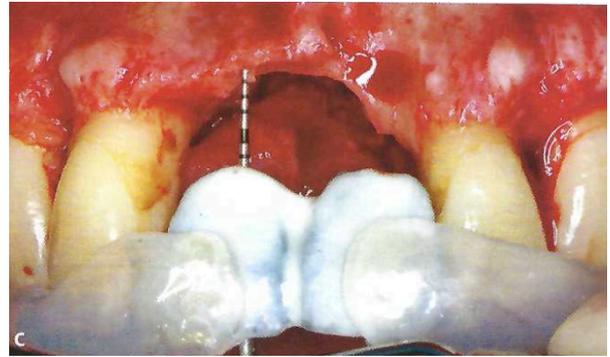
Un lambeau de pleine épaisseur est élevé et doit être le plus étendu possible, toute trace de tissus mous est éliminée. La grille est d'abord essayée à vide, puis est mise en place avec le matériau de comblement (mélange d'os autogène et d'os allogénique par exemple). Elle est ensuite fixée avec des vis d'ostéosynthèse. Elle doit être parfaitement immobile et bien comblée par le biomatériau.

Elle peut être ensuite recouverte d'une membrane de collagène résorbable, et éventuellement d'une membrane PRF. Le lambeau est libéré de toute tension grâce à des incisions de demi-épaisseur, puis suturé.

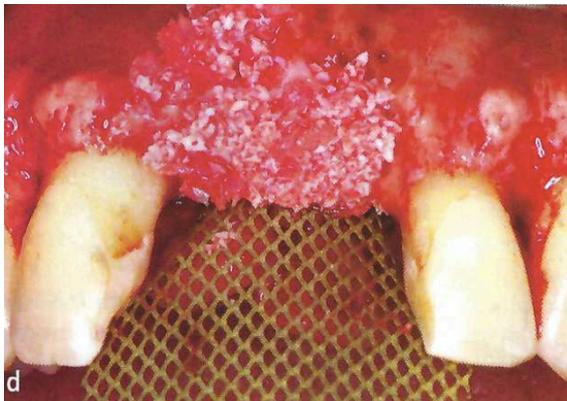
Le temps de cicatrisation est en général de 8 à 9 mois. (15)



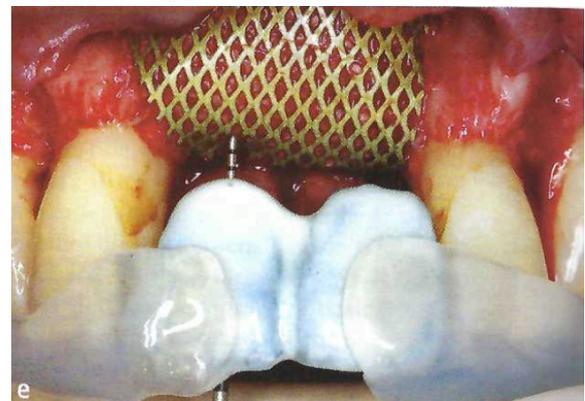
Absence de 11 et 21 avec effondrement tissulaire



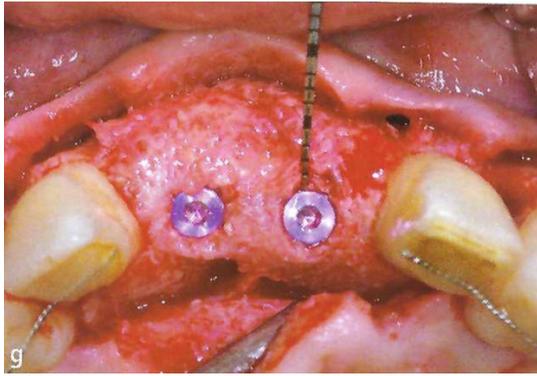
Évaluation de la résorption osseuse verticale



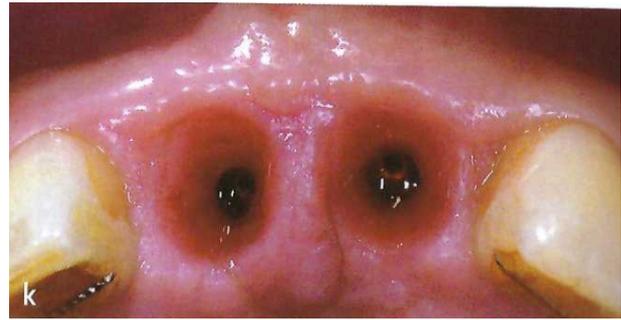
La grille est façonnée et essayée (c'est ici une grille non personnalisée), et le matériau de comblement est mis en place



La grille est placée à 3 mm des futurs collets puis solidement fixée



Après la cicatrisation, la grille est retirée et les implants sont mis en place



À 4 mois de cicatrisation, on note que la papille commence à se former entre les incisives centrales

Figure 15 : Illustrations de la mise en place d'une grille titane (15)

4.3 Propriétés mécaniques

C'est le principal intérêt de la grille en titane. Les membranes barrières traditionnelles (telles que le collagène résorbable, le polytétrafluoroéthylène expansé (ePTFE), etc) ont la propriété d'isoler les cellules de manière sélective, mais elles sont relativement souples et il est difficile de fournir une rétention et une protection adéquate pour les zones de régénération osseuses.

De plus lorsque ces membranes sont appliquées à de grands défauts, il est difficile de maintenir un espace de régénération approprié et stable. (26) (27)

Bien que certaines membranes de collagène résorbables améliorées puissent assurer la protection spatiale du matériau de greffe lors de la mise en place, elles se dégradent progressivement avec l'absorption et n'auront donc jamais la même capacité de maintien que la grille en titane. (27)

La grille en titane a de bonnes propriétés mécaniques, sa résistance et sa rigidité élevée permettent un soutien spatial pour l'ostéogénèse, et sa stabilité maintient le volume de la greffe osseuse pendant la cicatrisation. Aussi son élasticité peut réduire l'oppression de la muqueuse buccale. (28)

Grâce à sa bonne plasticité, elle peut également se façonner et s'adapter facilement aux divers défauts osseux. (29)

Ces propriétés mécaniques sont influencées par l'épaisseur de la grille et la taille des pores. Il semblerait que l'épaisseur de la grille joue sur la quantité totale de nouvel os. Selon les différentes études, l'épaisseur idéale serait entre 100 μm et 200 μm . (30) (31) (32)

La taille des pores joue également un rôle dans l'approvisionnement en sang et la facilitation des processus métaboliques des greffons. Des études ont tenté de trouver une relation entre la taille des pores et la quantité de tissus mous qui se développe. Selon Gutta et al. il y aurait davantage de régénération osseuse et moins de tissus mous pour des pores de grand diamètre (1,2mm) que pour des pores de petit diamètre (0,6mm). Aussi pour Her et al, l'utilisation d'une grille avec un trop grand diamètre de pores (>2mm) entrainerait une plus grande croissance de tissus mous. La taille idéale serait donc autour de 1,2mm. (33) (34)

4.4 Indications

Grâce à ses propriétés mécaniques supérieures, la grille titane permet d'obtenir de bons résultats sur des défauts horizontaux, verticaux, et en trois dimensions.

Yu Xie et al ont déterminé l'indication de la ROG avec grille titane selon le type de défaut à reconstruire. (35)

On peut classer les défauts en 4 types :

- Type $\frac{1}{4}$: La perte de hauteur osseuse est inférieure à 50% de la longueur de l'implant prévu. Ce défaut correspond en général à la perte d'une seule dent.
- Type $\frac{2}{4}$: La crête osseuse est en forme de lame. Il n'y a pas de perte en hauteur, mais une perte en épaisseur supérieur à 50% de la longueur de l'implant.
- Type $\frac{3}{4}$: Après plusieurs années de perte d'une ou plusieurs dents, la résorption osseuse a entraîné une perte partielle en hauteur et en largeur.
- Type $\frac{4}{4}$: Il y a une résorption complète en hauteur et en largeur.

Pour les cas où il y a une faible perte osseuse comme le type 1/4, la ROG classique avec une membrane résorbable est suffisante. Lorsque la perte osseuse est trop importante comme le type 4/4, une greffe en onlay sera nécessaire pour résister aux contraintes mécaniques.

La grille en titane trouvera son indication dans les types 2/4 et 3/4.

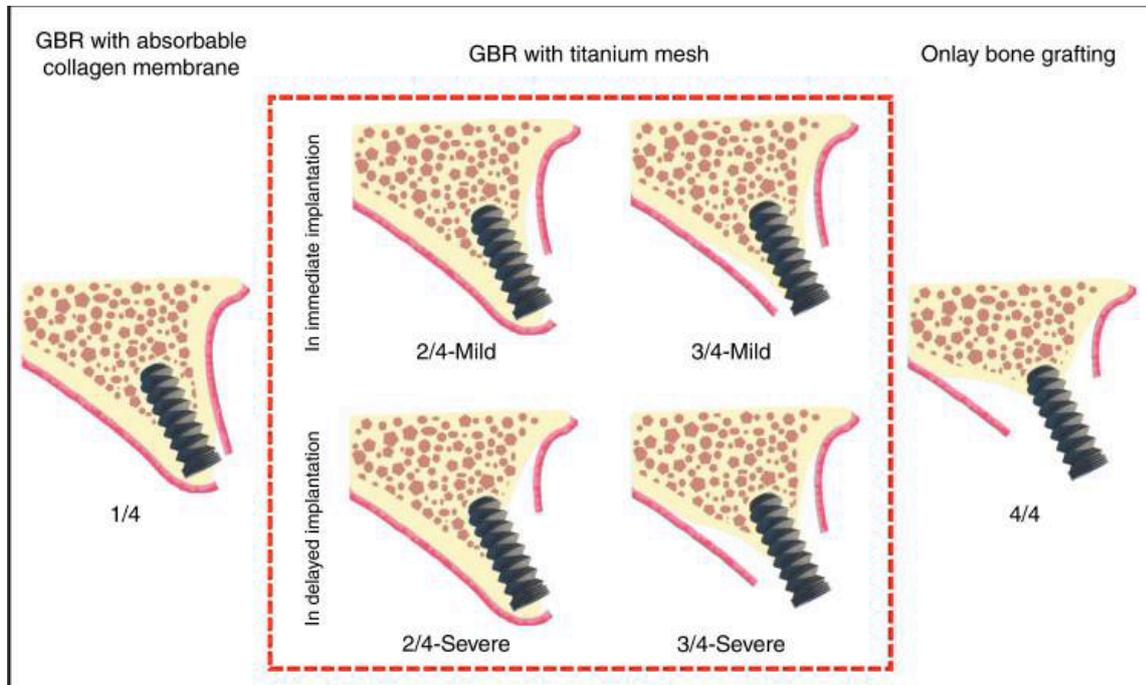


Figure 16 : Technique d'augmentation osseuse selon le type de défaut (35)

4.5 Matériaux de comblement

La technique de ROG avec grille titane peut utiliser différents matériaux pour réaliser la greffe osseuse. On utilisera toujours des particules d'os broyé naturel ou synthétique.

Les greffons particulaires sont des matériaux idéaux pour combler les différentes morphologies de défauts osseux. Ils empêchent la formation d'espace interstitiel sous la grille et ont de meilleures propriétés ostéogéniques et ostéoinductives que les greffons osseux en bloc. (36)

Parmi les greffons les plus utilisés, on retrouve les particules d'os autogène qui sont directement prélevées sur le patient. Il y a également l'os inorganique bovin, les particules d'hydroxyapatite, les allogreffes lyophilisées, les xéngreffes porcines, ou encore l'os inorganique équin. Ces greffons particulaires peuvent être associés à une éponge de collagène ou encore une membrane PRF.

Ces matériaux peuvent aussi être mixés entre eux. L'utilisation d'os autogène nécessite un prélèvement sur le patient et complique ainsi la procédure et les suites opératoires. Le mélange d'os autogène avec des xéno greffes osseuses a été proposé pour réduire la demande d'os autogène. L'os inorganique bovin est un des matériaux de xéno greffe les plus utilisés. (35)

Le ratio entre os autogène et os inorganique bovin est en général de 50/50 ou 30/70, et les études ne montrent en général pas de différence significative entre l'utilisation d'os autogène seul, ou associé avec du bio-oss. (37)

Une autre option est également d'utiliser des facteurs ostéoinducteurs basés sur les protéines morphogénétiques osseuses humaines recombinantes (rhBMP). La rhBMP-2 a démontré un potentiel ostéoinductif extrêmement élevé, et elle est essentielle au stade précoce de la prolifération des cellules souches mésenchymateuses et de leur différenciation ostéoblastique. (38)

La rhBMP-2 est souvent associée à une éponge de collagène qui sert de support.

4.6 Recouvrement de la grille

Une fois la grille en titane fixée, le lambeau peut être repositionné directement par-dessus la grille, mais certains auteurs recommandent de recouvrir préalablement la grille avec une membrane de collagène résorbable.

En effet les pores de la grille ne permettent pas de filtrer les cellules de tissu conjonctif et épithélial. Ainsi une épaisseur de tissu mou se forme.

Cependant des études ont montré que le fait de recouvrir la grille ne permettait pas de contrôler la quantité de tissus mous et que le taux d'exposition n'était pas réduit par rapport à une grille seule. (35) (39)

Les concentrés plaquettaires sont aussi une option pour recouvrir la grille. Les membranes de PRP ou PRF peuvent être utilisées pour réduire le risque d'exposition du greffon.

Une étude rétrospective a montré que le taux d'exposition dans le groupe ayant un recouvrement par PRF était significativement inférieur à celui ayant un recouvrement par membrane de collagène : 0% contre 23,5%. (40)

Également, Ghanaati et al ont essayé de ne pas refermer le lambeau sur la grille. De l'a-PRF a été utilisé pour recouvrir la grille ainsi que des membranes à base de PTFE ou du latex stérile pour protéger ces matériaux et faire une cicatrisation ouverte. Bien que la grille ait été exposée dans certains cas, les tissus mous ont continué à se développer pour fermer la plaie et aucun signe d'infection n'est apparu. (41)

4.7 Manipulation

Lors de l'intervention, la grille en titane conventionnelle doit être découpée et façonnée pour être adaptée au défaut. Ce processus s'accompagne de divers inconvénients : le pliage prend du temps ce qui augmente le temps opératoire, les douleurs post opératoires et les probabilités d'infections. (42) De plus la formation d'arrêtes saillantes fragilisent le lambeau et augmentent le risque d'exposition.

Il est cependant possible d'utiliser une grille personnalisée qui est parfaitement adaptée au défaut. Deux types de méthodes existent pour fabriquer ces grilles : après modélisation 3D de la crête osseuse grâce au scanner, la grille est conçue virtuellement sur ordinateur et est imprimée en 3D grâce à la technologie CFAO. Une alternative à cette méthode consiste à imprimer le modèle osseux en 3D et à préformer la grille dessus.

Ces grilles personnalisées, et en particulier celles imprimées en 3D, permettent de faciliter l'intervention et de gagner du temps.

SUMIDA et al. ont montré que le temps opératoire avec une grille personnalisée était significativement inférieur qu'avec une grille conventionnelle. De plus le nombre de vis en titane utilisées pour fixer la grille est également significativement moins élevé que dans le groupe témoins. (43)

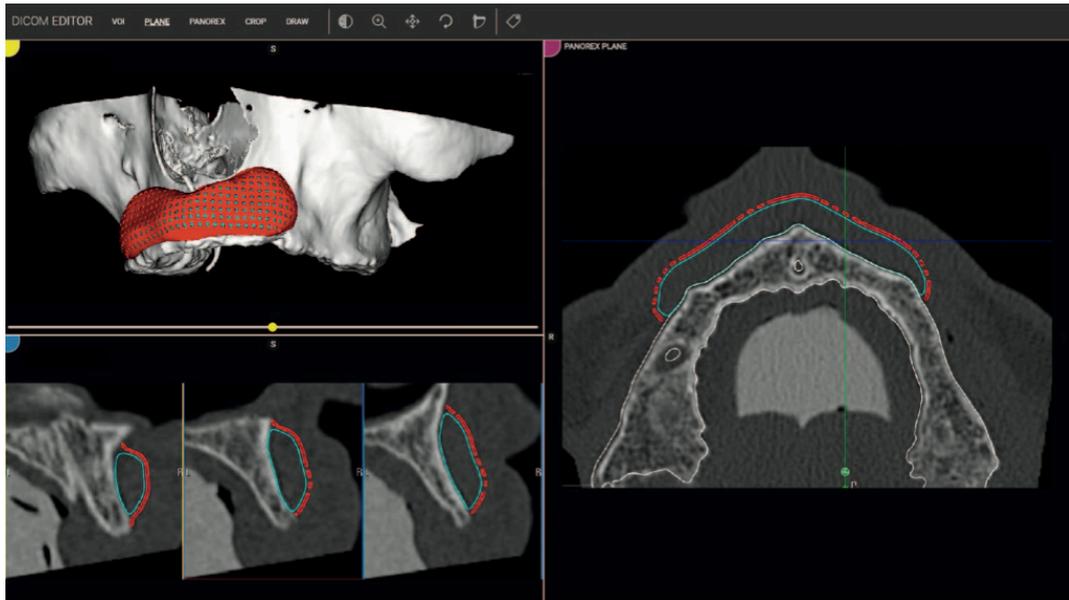


Figure 17 : Conception de la grille par ordinateur. L'espace qui sera occupé par le biomatériau est représenté en bleu et la grille en rouge. Elle sera ensuite imprimée et parfaitement adaptée à l'anatomie de l'os. (44)

4.8 Risque d'exposition

Durant la période de cicatrisation, il y a un risque important d'exposition de la grille. C'est d'ailleurs un des inconvénients majeurs de cette technique. L'exposition en elle-même n'est en général pas gênante, mais c'est le risque d'infection qu'il est plus difficile de gérer. En effet une infection du site pourra conduire à un retrait prématuré de la grille et ainsi un potentiel échec de la greffe.

Cependant même si l'incidence d'exposition est plutôt élevée (de l'ordre de 20 à 30%), le risque d'infection est assez faible et le retrait de la grille n'est nécessaire que dans de rares cas.



Figure 18 : Exposition d'une grille après 6 mois de cicatrisation (49)

L'une des causes de ces expositions fréquentes serait la sollicitation qu'a la grille sur les tissus mous. En effet lorsque la grille est façonnée et découpée pendant l'opération, des arêtes vives se forment et peuvent fragiliser la muqueuse durant la cicatrisation. (45)

Ainsi l'application d'une grille en titane faite sur mesure par le biais du numérique peut réduire ce risque d'exposition grâce à l'absence d'arêtes vives. (43)

Lorsqu'il y a exposition, un traitement anti-infectieux doit être prescrit au patient ainsi que des bains de bouche quotidiens. Il est également possible de tailler les bords tranchants de la grille exposée. Une bonne gestion de cette exposition pourra alors la faire guérir sans retirer la grille et n'entraînera pas de complications telles qu'une infection ou l'échec de la greffe osseuse. (46) (31)

Il faut cependant distinguer une exposition précoce d'une exposition tardive. En effet une exposition qui a lieu au bout de 2 mois aura beaucoup moins d'impact qu'une exposition qui a lieu dans les 4 premières semaines où il faudra en général retirer la grille dès que possible. (36)

Pour limiter au maximum le risque d'exposition, des précautions doivent être prises :

Avant la chirurgie, une évaluation précise de l'état de santé du patient et des conditions locales de la zone doit être effectuée. Des antibiotiques doivent être prescrits en préopératoire si nécessaire, et tout foyer infectieux dans la zone d'opération doit être éliminé. Pendant l'intervention les lambeaux doivent être réalisés de manière à garder un apport sanguin adéquat et à faciliter leur fermeture. La grille en titane doit être fixée fermement. Les sutures des lambeaux doivent être profondes et avec des points simples.

Après l'intervention, des antibiotiques et des soins de désinfections locales sont prescrits. Les précautions post opératoires sont expliquées clairement au patient. (47)

5 Revue systématique de la littérature

5.1 Matériel et méthode

5.1.1 Schéma d'étude

Nous avons réalisé une revue systématique de la littérature pour évaluer l'efficacité de la greffe osseuse avec grille titane par rapport aux autres techniques.

5.1.2 Définition des mots clés

Une recherche électronique sur PubMed a été réalisée avec les combinaisons de mots clés suivantes :

Titanium mesh

Alveolar ridge augmentation

Guided bone regeneration

Titanium mesh, bone graft

Guided bone regeneration, titanium mesh

5.1.3 Stratégie de recherche

La base de données électronique PubMed a été utilisée pour la recherche d'articles.

La recherche électronique finale a été conduite en juin 2021.

5.1.4 Critères d'inclusions/exclusions

Les études étaient incluses si elles réunissaient les critères suivants :

- Sujet traitant de l'utilisation d'une grille en titane pour la greffe osseuse au maxillaire ou à la mandibule
- Sujet comparant l'utilisation d'une grille titane par rapport à d'autres membranes pour la greffe osseuse

- Sujet comparant l'utilisation d'une grille titane par rapport à d'autres techniques de greffe osseuse
- Sujets traitants de l'utilisation d'une grille en titane pour la régénération osseuse guidée autour d'implants.
- Études en langue anglaise et française

Les critères d'exclusion étaient :

- Les études datant d'avant 2010
- Les études traitant sur moins de 5 patients
- Les thèses ou revues de littérature
- Les études utilisant uniquement les membranes renforcées au titane

5.1.5 Sélection des articles

Une première sélection a été réalisée en utilisant les titres et résumés, éliminant les articles ne répondant pas aux critères d'inclusion.

Les articles retenus ont été lus intégralement et évalués pour établir une sélection finale.

5.2 Résultats

Sur 82 articles pré sélectionnés, nous avons retenu 26 études.

Sur ces 26 études il y a :

- 2 études prospectives
- 10 séries de cas
- 9 études rétrospectives
- 3 essais contrôlés randomisés

- 1 étude pilote
- 1 étude de cohorte

Le nombre total de patients inclus dans les études était de 482 patients. L'étude avec le plus grand nombre de patients recrutés est celle de Hartmann et al. (45) avec 65 patients et celles avec le minimum de 5 patients sont les études de Ribeiro et al. (51), Chan HL et al. (37), Mish et al. (57), Maiorana et al. (59) et De Santis et al. (65)

Un total de 551 défauts ont été traités avec une grille titane.

La période de guérison moyenne était de 7,1 mois.

La principale complication retrouvée dans les études est l'exposition de la grille. En effet sur 551 grilles, 140 ont été exposées soit 25,40 %.

Cependant, malgré ce taux d'exposition important, le nombre de grilles ayant été retirées prématurément n'était que de 12 soit 2,18 %.

5.2.1 Synthèse des études

ÉTUDES	NB DE PATIENTS	FORME DU DÉFAUT	TYPE DE GRILLE	MATÉRIAUX DE COMBLEMENT	RECOUVREMENT DE LA GRILLE	GAIN OSSEUX	EXPOSITION	GRILLE RETIRÉE PRÉMATURÉMENT
LEONARDO CIOCCA	9	Non renseigné	Customisée 3D	Os autogène + os inorganique bovin (bio-oss) 1 : 1	-	3,83mm mand 3,95mm max	66%	1
SHAHRAM GHANAATI	7	Vertical + Horizontal	Customisée 3D	Os inorganique bovin + PRF	Membrane collagène + PRF + Latex	-	0	0
K SAGHEB	17	Vertical + Horizontal	Customisée 3D	Os autogène seul ou associé à os inorganique bovin	Membrane collagène seule ou associée à PRF	6,5mm vertical 5,5mm horizontal	33%	0
GYU-UN-JUNG	10	Déhiscences autour d'implants	Customisée 3D	Os autogène + allogreffe lyophilisée 1 : 1	-	-	30%	0
GIUSEPPE LIZIO	12	Vertical + Horizontal	Customisée 3D	Os autogène + os inorganique bovin 70 :30	-	30% de moins que prévu	80%	0
RIBEIRO F	5	Vertical + Horizontal	Standard	Éponge de collagène contenant du rhBMP-2	-	3,82mm	0	0
CUCCHI A	20 avec PTFE 20 avec grille titane	Vertical + Horizontal	Standard	Os autogène + allogreffe lyophilisée 1 : 1	Membrane collagène	4,06mm pour Ti-mesh 4,22mm pour PTFE	21% pour Ti-mesh 10% pour PTFE	0
ZHANG T	12	Vertical + Horizontal	Personnalisée en forme de L	Os inorganique bovin	Membrane collagène	3,61mm Vertical 3,10mm Horizontal	6,66%	0
POLI PP	13	Vertical + Horizontal	Standard	Os autogène + Os inorganique bovin 1 : 1	-	-	7,69%	0
HARTMANN	65	Vertical + Horizontal	Customisée 3D	Os autogène + Os inorganique bovin 1 : 1	Collagène + PRF	-	37,10%	0
HARTMANN	55	Vertical + Horizontal	Customisée 3D	Os autogène + Os inorganique bovin 1 : 1	Collagène + PRF	-	25%	0
ZITA GOMES R	25	Horizontal	Standard	Os inorganique bovin	Membrane collagène	3,67mm Horizontal	24%	2
HSUN-LIANG CHAN	5	Vertical	Standard	Allogreffe	-	3,4mm Vertical	40%	1

ÉTUDES	NB DE PATIENTS	FORME DU DÉFAUT	TYPE DE GRILLE	MATÉRIAUX DE COMPLEMENT	RECOUVREMENT DE LA GRILLE	GAIN OSSEUX	EXPOSITION	GRILLE RETIRÉE PRÉMATURÉMENT
KHAMEES J	16	Horizontal	Standard	Os autogène / Os autogène associé à os inorganique bovin		3,44 mm groupe contrôle 2,88 mm groupe test	25 %	4
CRAIG M MISH	5	Vertical	Standard	Éponge de collagène + rhBMP-2			0 %	0
JESUS TORRES	30	Vertical + horizontal	Standard	Os inorganique bovin	15 avec PRP, 15 sans	3,5 mm V et 4,1 mm H pour PRP 3,1mm V et 3,7 mm H pour groupe contrôle	28,5 % groupe contrôle 0 % pour PRP	0
MAIORANA	5		Customisée 3D	Os autogène + Os inorganique bovin (1 :1)		4,95 mm horizontal 5,06 mm vertical	25 %	0
AKIYOSHI FUNATO	19	Vertical	Customisé 3D	Os autogène + Os inorganique bovin + rhPDGF-BB	Membrane collagène	8,6 mm	10,5 %	0
CRAIG M MISH	15	Vertical	Standard	rhBMP-2 collagène+ allogreffe particulaire	Membrane collagène + PRF	8,53 mm	0	0
GIUSEPPE LIZIO	24	Vertical + horizontal	Customisée 3D	Os autogène + Os inorganique bovin (70 :30)			58,82 %	4 (11,77 %)
CAESAR C BUTURA	7	Vertical + Horizontal	Standard	rhBMP-2 + Os inorganique bovin + collagène			9 %	0
RAHUL MALIK	20	Vertical	Standard	Novabone putty		4,825 mm vertical	20%	0
DANIELE DE SANTIS	5	Vertical + horizontal	Customisée 3D	Os autogène + Os inorganique (Creos Xenogain) 1 :1	Membrane collagène	3,6 mm H 5,2 mm V	20 %	0
MATTEO CHIAPASCO	41	Vertical + horizontal	Customisée 3D	Os autogène + Os inorganique bovin (bio-oss)	Membrane collagène	4,78 mm vertical 6,35 mm horizontal	20,7 %	0
CLAUDIA DELLAVIA	20	Vertical + Horizontal	Customisée 3D	Os autogène + Os bovin déprotéiné (1 :1)	Membrane collagène	5,20 mm vertical 6,80 mm horizontal	15 %	0
CUCCHI A	20	Vertical	Standard	Os autogène + os allogénique (1 :1)	Membrane collagène		5 %	0

5.2.2 Résumé des études

Auteurs : CIOCCA L et al.

Titre : Prosthetically CAD-CAM-Guided bone augmentation of atrophic jaws using customized titanium mesh: preliminary results of an open prospective study

Année : 2018

Ref : (48)

Objectif : Évaluer les résultats de greffes après l'utilisation de grilles titane personnalisées, réalisées par CFAO.

Méthode : Neuf patients devant subir une augmentation osseuse sur des sites atrophiques ont été traités avec une grille titane personnalisée et des greffons particuliers contenant de l'os autologue et de l'os inorganique bovin dans un rapport 1 :1.

Résultats : Après 6 à 8 mois, des augmentations osseuses de 3,83 mm en moyenne à la mandibule et 3,95 mm en moyenne au maxillaire ont été enregistrées. Une exposition précoce de la grille a été observée dans 3 cas et une exposition tardive dans 3 autres cas. Le retrait prématuré de la grille a été nécessaire sur un site, mais la pose des implants a été possible sur tous les sites sans aucune complication.

Auteur : GHANAATI S et al.

Titre : Biomaterial-based bone regeneration and soft tissue management of the individualized 3D-titanium mesh : An alternative concept to autologous transplantation and flap mobilization.

Année : 2019

Ref : (41)

Objectif : Introduire le concept de guérison ouverte exposée pour surmonter la déhiscence liée aux grilles titane.

Méthode : Cette étude traite 7 patients avec une grille personnalisée en 3D et utilise le concept de cicatrisation ouverte. Les bords du lambeau sont rapprochés sans être en contact et l'espace restant est comblé par une matrice de collagène chargée en PRF qui est ensuite recouverte d'une membrane PTFE ou de latex stérile.

Résultats : Après 4 à 8 mois de cicatrisation, tous les patients ont reçu les implants comme prévu et aucune exposition de la grille n'a été observée. La zone d'augmentation présentait un os vital et bien vascularisé.

Auteur : SAGHEB K et al.

Titre : Clinical outcome of alveolar ridge augmentation with individualized CAD-CAM-produced titanium mesh.

Année : 2017

Ref : (49)

Objectif : Évaluer le résultat clinique d'une grille titane personnalisée produite par CFAO.

Méthode : Chez 17 patients, 21 sites ont été traités à l'aide de grilles titane conçues par CFAO. Un mélange d'os autogène et d'os inorganique bovin ou de l'os autogène seul a été utilisé. La dépose des grilles ainsi que l'implantation simultanée de 44 implants ont été réalisées après 6 mois.

Résultats : Le taux de réussite est de 100%. 33% des grilles ont présenté une exposition, mais le retrait prématuré n'a pas été nécessaire. Le taux d'exposition a été plus important pour les augmentations réalisées avec une incision mi-crestale (45,5%) que pour celles réalisées avec une incision poncho modifié (20%). Également le taux d'exposition a été plus élevé au maxillaire qu'à la mandibule.

L'augmentation verticale moyenne était de 6,5 +/- 1,7 mm et l'augmentation horizontale moyenne était de 5,5 +/- 1,9 mm.

Auteur : JUNG Gyu-Un et al.

Titre : Preliminary evaluation of a three-dimensional, customized, and preformed titanium mesh in peri-implant alveolar bone regeneration.

Année : 2014

Ref : (28)

Objectif : Évaluer l'efficacité d'une grille titane personnalisée comme membrane barrière pour la régénération osseuse alvéolaire peri-implantaire.

Méthode : Dans cette étude sur 10 patients, la mise en place d'une grille préformée a été réalisée simultanément à la pose des implants. Tous les patients présentaient une fenestration ou un défaut de déhiscence autour de la fixation de l'implant. Un mélange d'os autogène et d'allogreffe lyophilisée a été utilisé. Les patients ont été suivis pendant 12 mois après la pose.

Résultats : Les résultats histologiques montrent une régénération satisfaisante avec un tissu fibreux limité. La nouvelle croissance était composée d'environ 80% d'os vital, 5% de tissu médullaire fibreux et de 15% d'allogreffe restante. Tous les implants étaient fonctionnels sans complications significative.

Auteur : LIZIO G et al.

Titre : Alveolar ridge reconstruction with titanium mesh : a three-dimensional evaluation of factors affecting bone augmentation.

Année : 2014

Ref : (50)

Objectif : Évaluer la reconstruction tridimensionnelle des crêtes alvéolaires à l'aide d'une grille titane (Ti-mesh) et sa corrélation avec le moment et l'étendue de l'exposition de la maille et la quantité de reconstruction prévue.

Méthode : Cette étude rétrospective a évalué sur 12 patients le volume d'os perdu par rapport au volume d'os planifié avant la greffe. 15 défauts alvéolaires ont été traités avec des grilles titane préformées sur des modèles 3D, et des greffons particuliers composés d'os autogène et d'os bovin inorganique (70 :30). Les implants ont été posés après 8 à 9 mois. Les images de tomographie ont été analysées pour mesurer les volumes en 3D. Le volume osseux manquant (VOM) a été calculé en soustrayant le volume osseux reconstruit du volume osseux planifié (VOP).

Résultats : Le VOM moyen (0,45 cm³) représentait 30,2% en moyenne du VOP. 80% des grilles ont été exposées, et le VOM était significativement corrélé à la surface et à la précocité d'exposition de la grille.

Auteur : RIBEIRO F et al.

Titre : Bone augmentation of the atrophic anterior maxilla for dental implants using rhBMP-2 and titanium mesh : histological and tomographic analysis

Année : 2015

Ref : (51)

Objectif : Évaluer l'utilisation d'une grille titane et de la protéine morphogénétique osseuse humaine recombinante 2 (rhBMP-2) pour la régénération de grands défauts osseux dans l'os alvéolaire.

Méthode : Cinq patients ont participé à l'étude. Les crêtes ont été augmentées avec du rhBMP-2 et une armature titane pour diriger la géométrie de l'os nouvellement formé.

Résultats : Après 7 mois, un échantillon de biopsie osseuse a été prélevé sur le site d'implantation avant la pose des implants dentaires. Des tomodensitométries à faisceau conique (CBCT) ont été réalisées en préopératoire, en postopératoire et 48 mois après l'implantation pour évaluer la cicatrisation des implants. Tous les implants ont été placés dans les sites greffés sans nécessiter de greffe osseuse supplémentaire. Des échantillons de biopsie ont été utilisés pour évaluer la qualité

de l'os. Les scanners CBCT ont permis de prédire la restauration alvéolaire et le succès à long terme. L'association de rhBMP-2 et d'un filet en titane a permis une augmentation efficace du maxillaire antérieur atrophié avant la pose d'implants.

Auteur : CUCCHI A et al.

Titre : Histological and histomorphometric analysis of bone tissue after guided bone regeneration with non-resorbable membranes vs resorbable membrane and titanium mesh

Année : 2019

Ref : (52)

Objectif : Comparer les résultats de ROG avec membrane non résorbable et avec membrane résorbable + grille titane

Méthode : 20 patients ont été assignés au groupe A (Ti-PTFE) et 20 autre au groupe B (collagène + Ti-mesh). Pour les deux groupes le matériau de comblement était un mélange 50/50 d'os autogène et d'allogreffe osseuse

Résultats : Après 9 mois des biopsies ont été réalisées, et les pourcentages de tissus osseux, de biomatériaux et de tissus mous ont été mesurés. 13 échantillons du groupe A et 12 du groupe B ont été analysés. Des résultats similaires sur la composition ont été trouvés dans les deux groupes avec 40,9 % de tissus osseux, 9,1 % de biomatériaux et 50,2 % de tissus mous.

Cette étude suggère que l'utilisation de membranes résorbables avec grille titane et l'utilisation de PTFE donnent des résultats histologiques et histomorphométriques similaires.

Auteur : ZHANG Tianxu et al.

Titre : The application of newly designed L-shaped titanium mesh for GBR with simultaneous implants placement in the esthetic zone : A retrospective case series study

Année : 2019

Ref : (53)

Objectif : Cette étude a présenté une nouvelle grille titane en forme de L utilisée pour le traitement de la ROG avec pose simultanée d'implants et a évalué l'efficacité de l'augmentation osseuse, la résorption, et la stabilité à long terme de l'os péri-implantaire.

Méthode : Seize implants ont été posés chez 12 patients qui ont subi une procédure de ROG utilisant une grille titane en forme de L. Les complications, le succès de l'implantation et le taux de survie ont été enregistrés et calculés. Les valeurs de gain osseux, la résorption osseuse et le

volume osseux restant ont été mesurés par tomographie à faisceau conique (CBCT) pendant un suivi de 13 à 41 mois.

Résultats : Les valeurs moyennes de gain osseux étaient de 3,61 +/- 1,50 mm verticalement et 3,10 +/- 2,06 mm horizontalement. Les taux de réussite et de survie des implants étaient respectivement de 93,75% et 100% au bout de 41 mois. La résorption osseuse verticale était de -0,81 +/- 1 mm et la résorption horizontale de -0,13 +/- 1,19 mm.

Auteur : POLI Pier P et al.

Titre : . Alveolar ridge augmentation with titanium mesh. A retrospective clinical study

Année : 2014

Ref : (54)

Objectif : Évaluer la reconstruction de l'os alvéolaire à l'aide d'une grille titane pour la pose d'implants.

Méthode : Ici 13 patients ont été sélectionnés. Chaque patient a subi une augmentation osseuse grâce à une grille titane rempli d'os autogène intra oral et d'os inorganique bovin. Les implants ont été placés après 6 mois de cicatrisation. Un logiciel a été utilisé pour mesurer la perte osseuse péri-implantaire.

Résultats : La perte osseuse péri-implantaire moyenne était de 1,743mm en mésial et 1,913 mm en distal.

Auteur : HARTMANN A et al.

Titre : Evaluation of risk parameters in bone regeneration using a customized titanium mesh : results of a clinical study

Année : 2019

Ref : (45)

Objectif : L'objectif ici est d'évaluer les facteurs de risques de la ROG utilisant une grille titane

Méthode : 65 patients ont subi 70 procédures de greffe avec une grille en titane personnalisée associée à de la fibrine riche en plaquettes injectable et avancée (A- et I-PRF). Les expositions des grilles ont été analysées selon une classification : (a) ponctuelle, (b) largeur de dent, (c) exposition complète et (d) absence d'exposition.

Résultats : En tout 37,1% des grilles ont été exposées. 13 appartiennent au groupe a, 7 au groupe b, et 6 au groupe c. 44 grilles n'ont pas été exposées. Après la cicatrisation, la pose des implants

n'a pas été possible dans 2 cas (2,9%). L'abus de tabac et les procédures de greffes associées à des techniques simultanées d'élévation du plancher sinusien se sont avérés être des facteurs de risque.

Auteur : HARTMANN A et al.

Titre : Minimizing risk of customized titanium mesh exposures – a retrospective analysis.

Année : 2020

Ref : (40)

Objectif : L'objectif de cette étude était d'évaluer un nouveau protocole d'augmentation osseuse personnalisée dans un flux de travail numérique.

Méthode : Les patients et les sites d'augmentation ont été analysés rétrospectivement en se concentrant sur les régions du défaut, les facteurs démographiques, les difficultés de guérison et les facteurs de risque. Un taux d'exposition a été étudié concernant l'application d'une attelle chirurgicale, l'A®- PRF et la forme du lambeau.

Résultats : 98 implants ont pu être posés. La grille a été retirée après une durée moyenne de 6,53 +/- 2,7 mois. Il y a eu exposition dans 25% des cas avec, selon la même classification que l'article précédent, 16,2% en groupe a, 1,5% en groupe b, et 7,4 % en groupe c. L'A-PRF a permis une exposition significativement moindre.

Auteur : ZITA GOMES R et al.

Titre : Alveolar ridge reconstruction with titanium meshes and simultaneous implants placement : A retrospective, multicenter clinical study.

Année : 2016

Ref : (55)

Objectif : Évaluer le gain osseux horizontal et les taux de complication et de survie des implants chez des patients traités avec des grilles titanées posées simultanément à la pose d'implants.

Méthode : 25 patients ont été sélectionnés pour être traités avec des grilles en titanées placées simultanément avec 40 implants.

Résultats : Après le retrait de la grille, le gain horizontal moyen était de 3,67 +/- 0,89 mm. Les complications les plus fréquentes ont été un léger œdème postopératoire et une gêne après l'intervention. L'exposition de la grille est survenue chez 6 patients (24%). L'un d'eux a subi une perte partielle du greffon et un autre une perte complète du greffon et un échec de l'implant.

Auteur : CHAN HL et al.

Titre : A titanium mesh and particulate allograft for vertical ridge augmentation in the posterior mandible : a pilot study.

Année : 2015

Ref : (37)

Objectif : Cette étude teste l'efficacité clinique d'une grille titane modifiée combinée à une allogreffe particulaire pour l'augmentation verticale de la crête.

Méthode : Cinq patients présentant une déficience de la crête postérieure mandibulaire ont été recrutés. La largeur préopératoire de la muqueuse kératinisée et l'épaisseur de la muqueuse ont été mesurées. Des tomodensitométries à faisceau conique (CBCT) ont été réalisées en préopératoire, immédiatement et 5 mois après la greffe. Le gain osseux vertical a été mesuré sur les scanners CBCT. Des biopsies de carottes osseuses ont été réalisées pour des examens histomorphométriques.

Résultats : Le gain vertical moyen était de 3,4 +/- 1,9mm. Les pourcentages de tissus mous, d'allogreffe résiduelle et d'os nouveau étaient de 42,2 %, 25,2 % et 32,6 %. Deux cas ont eu une exposition précoce de la grille et l'un d'eux a eu sa grille retirée prématurément.

Auteur : KHAMEES J et al.

Titre : Alveolar ridge augmentation using chin bone graft, bovine bone mineral, and titanium mesh : Clinical, histological, and histomorphometric study.

Année : 2012

Ref : (56)

Objectif : Étudier la qualité et la quantité de formation osseuse après une augmentation de la crête alvéolaire.

Méthode : Seize défauts osseux alvéolaires ont été divisés en 2 groupes : le groupe témoin avec de l'os autogène et le groupe test avec de l'os autogène mélangé à de l'os inorganique bovin (1 :1).

Résultats : Le gain osseux horizontal était en moyenne de 3,44 +/- 0,54 mm pour le groupe témoin et 2,88 +/- 0,57 mm pour le groupe test. La résorption était en moyenne de 2,66 +/- 0,98 mm (43,62%) pour le groupe témoin et 1,67 +/- 1mm (36,65 %) pour le groupe test. Les différences entre le groupe témoin et le groupe test ne sont pas significatives.

Auteur : MISH Craig M et al.

Titre : Bone augmentation of the atrophic posterior mandible for dental implants using rhBMP-2 and titanium mesh : clinical technique and early results.

Année : 2011

Ref : (57)

Objectif : Cette série de cas évalue l'utilisation de la protéine morphogénétique osseuse humaine recombinante 2 avec une éponge de collagène acellulaire (rhBMP-2÷ACS) et d'une grille titane.

Méthode : Elle comprend 5 patients dont la mandibule postérieure est insuffisante pour la pose d'implants. Une petite quantité de substitut osseux a également été utilisée. Les implants ont été insérés après 6 mois de cicatrisation.

Résultats : La cicatrisation s'est déroulée sans incident. Le taux de succès est à 100%. L'avantage de cette technique est la facilité, l'absence de prélèvement osseux, la diminution de la morbidité et la réduction du temps chirurgical.

Auteur : TORRES J et al.

Titre : Platelet-rich plasma may prevent titanium-mesh exposure in alveolar ridge augmentation with anorganic bovine bone.

Année : 2010

Ref : (58)

Objectif : Étudier l'effet du plasma riche en plaquettes (PRP) dans la prévention de l'exposition des grilles.

Méthode : Trente patients ont été répartis au hasard en deux groupes : 43 augmentations osseuses ont en tout été réalisées en utilisant de l'os inorganique bovin (Bio-Oss). Chez 15 patients les grilles ont été recouvertes de PRP et chez les 15 autres elles n'ont pas été recouvertes. 97 implants ont été posés après 6 mois de cicatrisation.

Résultats : Dans le groupe témoin, 28,5 % des cas ont eu une exposition d'une grille, alors qu'aucune exposition n'a été relevée dans le groupe test. Également, l'augmentation osseuse a été plus importante dans le groupe test que dans le groupe témoin. Les implants ont un taux de succès de 97,3 % dans le groupe témoins et 100 % dans le groupe test. Le recouvrement de la grille par du PRP est donc un facteur déterminant pour éviter l'exposition.

Auteur : MAIORANA C et al.

Titre : Clinical and radiographic evaluation of simultaneous alveolar ridge augmentation by means of preformed titanium meshes at dehiscence-type peri-implant defects : a prospective pilot study

Année : 2020

Ref : (59)

Objectif : L'objectif de l'étude est d'évaluer l'utilisation de grilles en titanes préformées pour soutenir la régénération osseuse simultanément à la pose d'implants.

Méthode : Huit implants ont été posés avec une grille titane préformée directement fixée sur des piliers plats vissés à l'implant.

Résultats : Après 8 mois un gain osseux horizontal moyen de 4,95 +/- 0,96 mm et une épaisseur horizontale moyenne de 3,25 +/- 0,46 mm ont été trouvés. Le taux d'exposition global était de 25 %, mais la régénération osseuse prévue a été atteinte dans tous les cas.

Auteur : AKIYOSHI F et al.

Titre : A novel combined surgical approach to vertical alveolar ridge augmentation with titanium mesh, resorbable membrane, and rhPDGF-BB : a retrospective consecutive case series.

Année : 2013

Ref : (60)

Objectif : Rapporter les résultats cliniques et histologiques de l'augmentation de la crête verticale en utilisant une grille titane recouverte d'une membrane de collagène résorbable et des facteurs de croissance humains recombinants dérivés de plaquettes BB (rhPDGF-BB)

Méthode : Dix-neuf patients ont été inclus. De l'os autogène et des particules de Bio-Oss ont été utilisés. Le greffon osseux a été mélangé au rhPDGF-BB et chargé sur le défaut osseux jusqu'au niveau de la crête alvéolaire adjacente. Une grille en titane pré-adaptée a été placée sur la région greffée et recouverte d'une membrane de collagène résorbable.

Résultats : Une exposition de la grille s'est produite relativement tôt chez un patient et une exposition tardive chez un autre. La hauteur verticale moyenne de l'os augmenté était de 8,6 +/- 4,0 mm.

Auteur : MISH Craig M et al.

Titre : Vertical bone augmentation using recombinant bone morphogenetic protein, mineralized bone allograft, and titanium mesh : a retrospective cone beam computed tomography study

Année : 2015

Ref : (61)

Objectif : Cette étude rétrospective a évalué l'utilisation de protéine morphogénétique osseuse humaine recombinante – 2 (rhBMP-2) et d'allogreffe d'os minéralisé particulaire.

Méthode : L'augmentation a été réalisée avec du rhBMP-2 dans une éponge de collagène résorbable et une allogreffe particulaire. Seize procédures ont été réalisées chez 15 patients.

Résultats : Le gain osseux vertical moyen était de 8,53 mm. 40 implants ont été insérés après un minimum de 6 mois de cicatrisation, et ont tous été fonctionnels.

Auteur : LIZIO G et al.

Titre : Reconstruction of extended and morphologically varied alveolar ridge defects with the titanium mesh technique : clinical and dental implants outcomes.

Année : 2016

Ref : (62)

Objectif : Étudier la technique de la grille titane dans la gestion des défauts 3D non rétentifs en termes de complications et de résultats implantaire.

Méthode : Vingt-quatre patients ont été traités avec 34 grilles titane. 88 implants ont été posés 8 à 9 mois plus tard.

Résultats : Sur les 34 grilles, 4 ont dû être retirées avant la pose des implants (11,76%) et 20 ont été exposées ; 4 prématurément et 16 tardivement. Aucun des 88 implants n'a été perdu, mais 15 ont présenté une perte osseuse accrue, ce qui donne un taux de succès de 82,9 %.

Auteur : BUTURA Caesar C et al.

Titre : Implant placement in alveolar composite defects regenerated with rhBMP-2, anorganic bovine bone, and titanium mesh : a report of eight reconstructed sites.

Année : 2014

Ref : (63)

Objectif : Présenter un rapport rétrospectif de huit défauts alvéolaires importants dans lesquels l'alvéole a été régénérée à l'aide de la protéine morphogénétique osseuse humaine recombinante 2 (rhBMP-2) associée à de l'os bovin inorganique et profilée à l'aide d'une grille en titane.

Méthode : Huit défauts ont été régénérés à l'aide de la protéine morphogénétique osseuse humaine recombinante 2 (rhBMP-2) associée à de l'os bovin inorganique. Les implants ont été placés au minimum 6 mois après la greffe.

Résultats : Quatorze implants ont été posés et restaurés avec des restaurations fixes. Sur 22 grilles, 2 ont été exposées.

Auteur : MALIK Rahul et al.

Titre : Evaluation of alveolar ridge height gained by vertical ridge augmentation using titanium mesh and novabone putty in posterior mandible.

Année : 2020

Ref : (64)

Objectif : Étudier l'augmentation de la crête verticale dans une mandibule postérieure édentée en utilisant du Novabone putty.

Méthode : Vingt patients ont été inclus. La greffe a été réalisée en utilisant du Novabone putty alloplastique soutenu par une grille titane.

Résultats : Seize patients ont présenté une bonne cicatrisation des tissus mous. Une déhiscence du lambeau est survenue chez un patient relativement tôt, ainsi qu'une extrusion de la greffe et un retard de cicatrisation chez trois autres. La hauteur verticale moyenne de l'os augmenté était de 4,825 +/- 1,1387 mm.

Auteur : DE SANTIS Daniel

Titre : . Digital customized titanium mesh for bone regeneration of vertical, horizontal and combined defects : a case series.

Année : 2021

Ref : (65)

Objectif : Évaluer l'efficacité de l'augmentation osseuse par grille titane personnalisée sur des défauts verticaux et horizontaux.

Méthode : Cette étude rapporte les résultats de 5 patients traités avec des grilles titane personnalisées.

Résultats : Un gain significatif en largeur et en épaisseur a été obtenu. Un gain horizontal moyen de 3,6 +/- 0,8 mm et un gain vertical moyen de 5,2 +/- 1,1 mm. Les résultats de cette étude suggèrent que la ROG avec grille titane est une méthode valide, mais qu'une attention particulière doit être portée par le chirurgien lors de la fermeture du lambeau. En effet la technique du « poncho » permet de réduire le risque d'exposition de la grille.

Auteur : CHIAPASCO M et al.

Titre : Customized CAD/CAM titanium meshes for the guided bone regeneration of severe alveolar ridge defects : preliminary results of a retrospective clinical study in humans.

Année : 2021

Ref : (66)

Objectif : Présenter les résultats de la régénération osseuse guidée (ROG) de crêtes édentées atrophiées à l'aide de grilles de titanes personnalisées par CFAO.

Méthode : Quarante-et-un patients présentant 53 sites atrophiques ont été recrutés entre 2018 et 2019. Des grilles en titane customisées ont été posées avec un mélange d'os autogène et d'os inorganique bovin. 106 implants ont été posés après 7 mois.

Résultats : Sur 53 sites, 11 ont subi une exposition des grilles. Huit d'entre eux ont été suivis d'une intégration sans incident du greffon, et trois d'une perte osseuse partielle. Le gain osseux vertical moyen était de 4,78 +/- 1,88 mm et le gain vertical moyen était de 6,35 +/- 2,10 mm. La réduction du volume osseux était significativement plus élevée dans les sites exposés. Le taux de survie des implants était de 100%.

Auteur : DELLAVIA C et al.

Titre : Histological assessment of mandibular bone tissue after guided bone regeneration with customized computer-aided design/computer-assisted manufacture titanium mesh in humans : A cohort study.

Année : 2021

Ref : (67)

Objectif : Évaluer la capacité d'intégration de grilles titane innovantes personnalisées et les caractéristiques histologiques de l'os nouvellement formé.

Méthode : Vingt patients présentant une atrophie mandibulaire postérieure sévère ont bénéficié d'une technique de ROG avec grille titane personnalisée. Un mélange d'os autogène et d'os

inorganique bovin a été utilisé. Après 9 mois de cicatrisation des échantillons d'os ont été prélevés et analysés par histomorphométrie.

Résultats : Lors de l'analyse histologique, les mailles semblaient bien ostéointégrées, à l'exception de 3 sites qui ont été exposés. Le gain osseux vertical moyen était de 5,20 +/- 1,76 mm et le gain horizontal moyen était de 6,80 +/- 2,51 mm. Le tissu nouvellement formé était constitué de 35,88 % de nouvel os lamellaire, 16,42 % d'os tissé, 10,88 % de matrice ostéoïde, 14,10 % de restes de greffe et 22,72 % d'espace médullaire.

Auteur : CUCCHI A et al.

Titre : A microcomputed tomography analysis of bone tissue after vertical ridge augmentation with non-resorbable membranes versus resorbable membranes and titanium mesh in humans.

Année : 2021

Ref : (68)

Objectif : Cette étude a pour but de comparer les résultats des tomographies d'os obtenue entre une ROG avec membrane PTFE renforcée avec du titane et une ROG avec une grille titane recouverte d'une membrane collagène

Méthode : Quarante patients ont été inclus : 20 dans le groupe A (PTFE) et 20 dans le groupe B (Grille titane). Une analyse par tomographie à microcompensation a été réalisée après 9 mois. Le volume osseux (BV/TV), de biomatériaux (MatV/TV), de tissu mou (StV/TV), l'épaisseur trabéculaire (TbSp), le nombre de trabécules (TbN) et la séparation trabéculaire (TbSp) ont été mesurés.

Résultats : Dans le groupe A les valeurs de BV/TV, MatV/TV, et StV/TV étaient respectivement de 28,8%, 8,9%, et 62,4%. Dans le groupe B ces valeurs étaient de 30%, 11%, et 59%. Aucune différence statistique n'a été constatée entre les deux groupes. Les deux approches ont facilité l'obtention d'environ 30% d'os nouvellement formé. L'os natif influence la qualité de l'os obtenue, indépendamment de la technique utilisée.

6 Discussion

Nous avons sélectionné 26 études qui utilisent une grille en titane pour la régénération osseuse guidée. Bien que l'utilisation d'une Ti-mesh soit commune à toutes les études présentes, on voit que les techniques et les autres matériaux diffèrent. La grille peut être standard ou imprimée en 3D ; différents matériaux de greffe sont utilisés ; la grille peut être recouverte ou non par une membrane, etc. Notre revue systématique va évaluer plusieurs points clés sur les résultats obtenus avec cette méthode durant les dix dernières années.

6.1 Qualité et quantité de la régénération obtenue

La plupart des études sélectionnées ont mesuré le volume d'os nouvellement formé après la greffe. Les résultats sont à peu près similaires avec un gain vertical moyen de 4,872 mm et un gain horizontal moyen de 4,372 mm. Ces valeurs correspondent en général au volume osseux planifié avant la greffe, mais il se produit souvent une résorption au bout d'un certain temps après la pose des implants.

Dans son étude rétrospective, Giuseppe Lizio (50) a calculé le volume d'os manquant par rapport au volume osseux planifié. Le volume osseux reconstruit après la greffe représentait en moyenne 30,2 % de moins que ce qui était prévu.

ZHANG Tianxu et al. (53) trouvent quant à eux une résorption de -0,81 +/- 1mm vertical et -0,13 +/- 1,19 mm horizontal après 41 mois pour des gains osseux initiaux autour de 3,5mm.

Pier P POLI et al. (54) ont mesuré une perte osseuse peri-implantaire moyenne autour des implants de 1,743 mm en mésial et 1,913 mm en distal.

KHAMMES J et al. (56) constatent une résorption importante de 43,62% pour leur groupe témoin et 36,65% pour leur groupe test.

D'après l'étude de CHIAPASCO M et al (66) cette résorption est significativement plus élevée pour les sites qui ont subi une exposition de la grille.

Malgré cette résorption plus ou moins élevée, le taux succès dépasse les 90% dans la plupart des études et le taux de survie est souvent de 100 %.

En effet les études présentées parlent assez peu de la résorption osseuse, et lorsque c'est le cas celle-ci ne semble pas influencer le succès implantaire.

Cette résorption serait en réalité un remodelage naturel de l'os après la greffe.

L'étude de Pier P POLI (54) obtient un taux de réussite de 100% malgré les résorptions péri implantaires citées plus haut.

Aussi, beaucoup d'études font des analyses histologiques sur la qualité de l'os néoformé.

JUNG et al. (28) trouvent un os composé à 80% d'os vital, 5% de tissu médullaire fibreux et 15% d'allogreffe restante.

Dans son étude, RIBEIRO F (51) utilise du rhBMP-2 comme matériau de greffe. Tous les implants ont pu être posés sans difficulté et aucune des grilles n'a été exposée. Malgré le succès de l'augmentation, la qualité de l'os au moment de la pose des implants n'avait qu'un score D4, soit une faible densité et une faible résistance au forage. Il précise que l'utilisation de rhBMP-2 donne un os de moins bonne qualité qu'avec un greffon autogène et que la période de cicatrisation doit être plus longue.

CUCCHI A (52) a comparé les résultats d'une ROG avec une membrane non résorbable renforcée au titane et avec membrane résorbable + grille titane. Une analyse histologique a été effectuée. L'os régénéré dans le groupe avec grille titane était composé de 42,1% de tissus osseux, 9,6% de matériaux de greffe et 48,3% de tissus mous. Des résultats similaires ont été trouvés dans le groupe Ti-PTFE, ce qui suggère que les deux approches ont empêché une migration excessive des tissus non ostéogènes vers le site du défaut. En revanche il y a une différence significative avec la composition de l'os natif qui est de 64,9% de tissus osseux, 0,0% de matériaux de greffe et 35,1% de tissus mous. Même après 9 mois, le nouvel os restait immature et très différent de l'os natif.

CHAN HL (37) dans son étude trouvait 32,6% d'os nouveau, 25,2% de matériaux de greffe, et 42,2 % de tissus mous.

DELLAVIA C et al. (67) ont évalué plus en détail la composition osseuse et ont trouvé un os nouvellement formé composé de 35,88 % de nouvel os lamellaire, 16,42 % d'os tissé, 10,88 % de matrice ostéoïde, 14,10 % de restes de greffes et 22,72 % d'espace médullaire.

En 2021, CUCCHI A (68) a renouvelé la même expérience qu'en 2019 en comparant les membranes PTFE et les grilles titane. Dans le groupe des grilles titane il a trouvé une composition de 30 % de tissus osseux, 11% de matériaux de greffe, et 59 % de tissus mous. Comme dans son étude précédente il n'y avait pas de différences significatives avec la composition du groupe PTFE, mais il y en avait par rapport à l'os natif.

D'après les différents résultats des études, la qualité de l'os régénérée est plus influencée par le matériau de greffe et la qualité de l'os sous-jacent que par la barrière utilisée. On peut penser que

si tout le matériau de greffe était composé d'os autogène, la qualité du nouvel os serait la même que l'os natif après une longue période de cicatrisation et de remodelage osseux.

6.2 Complications

La greffe osseuse par grille titane peut être sujette à plusieurs complications durant la phase de guérison. Les plus fréquentes sont l'œdème post opératoire, la douleur, et surtout l'exposition de la grille avec une déhiscence des tissus mous.

En effet comme nous l'avons vu plus haut le taux d'exposition sur la totalité des études représente 25,4 % des grilles. La plupart des expositions sont gérées par une désinfection quotidienne à la chlorhexidine et n'entraînent pas d'infections. Cependant dans certains cas il peut être nécessaire de déposer la grille plus tôt que prévu et ainsi compromettre le succès de la greffe.

Dans l'étude de CIOCCA et al. (48), 3 grilles ont été exposées de façon précoce et 3 autres de façon tardive sur 9 grilles au total. Cela représente une exposition de 66 % ce qui est très élevé. L'une des grilles a dû être retirée prématurément. Malgré cela tous les implants ont pu être posés et il n'y a pas eu de résorption significative.

SAGHEB K (49) a également constaté une résorption importante de 33%, ce qui n'a pas empêché d'avoir un taux de succès de 100% et aucune grille retirée.

En revanche dans l'étude de HARTMANN et al. (45), 37,1% des grilles ont été exposées et la pose des implants n'a pas été possible dans 2 cas ; et celle de ZITA GOMES et al. (55) a subi un échec implantaire et une perte partielle du greffon sur 6 expositions.

On voit globalement que malgré un taux d'exposition important, le retrait prématuré d'une grille reste assez rare et l'échec implantaire l'est encore plus.

Sur la totalité des études, avec un taux d'exposition de 25,4 %, seulement 2,18 % des grilles ont dû être retirées prématurément.

Plusieurs paramètres peuvent affecter le taux d'exposition et beaucoup d'auteurs tentent de trouver la meilleure solution. Tout d'abord l'incision de départ et la forme du lambeau semblent jouer un rôle. Dans l'étude de SAGHEB et al. (49) l'exposition était plus importante avec une incision mi-

crestale (45,5%) qu'avec une incision poncho modifiée (20%). DE SANTIS suggère également de réaliser cette forme de lambeau en poncho afin de réduire les tensions lors de la fermeture. (65)

A priori l'utilisation d'une grille customisée en 3D permet de réduire les tensions sur les tissus mous étant donné qu'elle est parfaitement adaptée au défaut. Cela permet ainsi de réduire le risque d'exposition.

Pourtant si l'on sépare les deux techniques dans notre revue systématique, on trouve un taux d'exposition de 31,27% pour les grilles 3D et de 14,7% pour les grilles standards. Cependant ce ne sont pas des résultats significatifs étant donné tous les biais de notre étude. Il faut plutôt se baser sur des études qui comparent ces deux techniques et qui utilisent des paramètres similaires comme le matériau de greffe et l'opérateur.

Dans son étude, SUMIDA T (43) compare ces deux techniques et trouve un taux d'exposition de 7,7% pour les grilles sur mesure et de 23,1% pour les grilles standards.

La mise en place d'une membrane résorbable sur la grille est également utilisée pour réduire le risque d'exposition. Dans notre étude on trouve un taux d'exposition de 21,9% pour les grilles recouvertes et de 31,9% pour les grilles non recouvertes, ce qui va dans le sens de cette hypothèse.

Certaines techniques permettraient également de réduire considérablement le risque d'exposition. Dans son étude, GHANAATI (41) utilise le concept de cicatrisation ouverte avec une feuille de latex stérile, et ne constate aucune exposition dans ses cas.

Aussi RIBEIRO F (51) utilise une éponge de collagène contenant du rhBMP-2 comme matériaux de greffe, et n'obtient ainsi aucune exposition. CAESAR C BUTURA (63) en utilise également et tombe à un taux d'exposition de 9%.

L'exposition de la grille doit être anticipée et gérée efficacement afin de réduire le risque infectieux. Pour limiter au maximum l'exposition, la grille doit être personnalisée en 3D, recouverte d'une membrane de collagène et éventuellement d'une membrane PRF. Le lambeau doit être suturé sans tensions en utilisant la technique du « poncho » par exemple. L'utilisation de rhBMP-2 dans le greffon pourra également améliorer le résultat.

La majorité des études s'accordent pour dire que le risque d'exposition est, certes, à prendre en compte, mais qu'il n'est finalement qu'un faible inconvénient par rapport aux avantages de cette technique.

6.3 Taux de réussite des implants

Parmi les études présentes, certaines n'indiquent pas le nombre d'implants posés après la greffe. Ce sont celles de LIZIO et al. (50), HARTMANN et al. (45), CHAN et al. (37), KHAMEES et al. (14), AKIYOSHI et al. (60), MALIK et al. (64), DELLAVIA et al. (67), et CUCCHI et al. (68).

Pour les 18 autres, il y a en tout 762 implants qui ont été posés.

Sur ces 762 implants, un seul a dû être retiré par échec de la greffe dans l'étude de ZITA GOMES et al. (55). En effet dans cette étude, 6 grilles ont été exposées, 4 parmi elles ont eu une couverture spontanée de tissus mous dans un second temps. Les 2 autres ont dû être retirées prématurément ; la perte du greffon était partielle chez un patient et n'a pas entraîné la perte de l'implant. Chez l'autre en revanche, la perte totale du greffon a entraîné la perte de l'implant. Toutes les autres études avaient un taux de survie de 100% lors des visites de contrôle qui avaient lieu entre 6 mois et 2 ans.

Le taux de succès implantaire est également très bon et est de 100% dans 10 études.

ZHANG et al. (53) avaient un taux de succès de 93,75 %, car un implant a présenté une mucosité peri-implantaire et des saignements.

Torres et al. (58) ont eu un taux de réussite de 97,5 % dans leur groupe témoins et 100% dans leur groupe test (avec PRP).

Dans l'étude de LIZIO et al. (62), aucun des implants n'a été perdu, mais 15 ont présenté une perte osseuse importante, ce qui donne un taux de succès de 82,9 %.

On peut donc constater que cette technique donne de très bons résultats malgré les complications qu'il peut y avoir durant la phase de cicatrisation.

7 Conclusion

Comme nous l'avons vu plus haut, de nombreux choix de techniques s'offrent au praticien qui souhaite réaliser une greffe osseuse. Le choix devra se faire selon la morphologie du défaut à reconstruire et à son expérience. La ROG par grille titane sur mesure a l'avantage d'être moins opératoire dépendant que la technique de Khoury ou la greffe en onlay. Sa rapidité d'exécution, le faible prélèvement osseux sur le patient, les suites opératoires réduites, et le taux de succès en font une technique de choix. Une attention toute particulière doit être portée lors de la fermeture du lambeau et la réalisation des sutures afin de réduire les tensions et diminuer le risque d'exposition. Le succès de la greffe sera aussi amélioré par l'utilisation d'une membrane de collagène et/ou de PRF, et d'au moins 50% d'os autogène.

Un des inconvénients de cette technique est la nécessité d'un second temps opératoire pour déposer la grille. En effet même si cette notion est très peu évoquée dans les études, on imagine que le retrait du titane ostéointégré est long et fastidieux. Un autre inconvénient dont les études parlent peu est le coût de la grille qui est très élevé et qui, ajouté au coût des implants, pourra dissuader certains patients.

Même si elle est encore assez méconnue aujourd'hui, la greffe osseuse par grille titane est une technique en plein essor qui va se démocratiser auprès des chirurgiens-dentistes, et sûrement devenir une référence dans les prochaines années.

8 BIBLIOGRAPHIE

1. Thomas T et al. Physiologie du tissu osseux. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14-002-B-10, 2008
2. COLOMBIER.ML, LESCLOUS.P, TULASNE.JF. La cicatrisation des greffes osseuses. Rev.Stomatol. Chir. Maxillo-fac., 2005, 106, 3,p. 157-164
3. VALENTINI.P, ABENSUR.D. Utilisation des biomatériaux dans les greffes de sinus maxillaire. Titane, 2007, 4, 1, p. 21-22
4. M.Schünke, E.Schulte, U.Schumacher. Atlas d'anatomie prométhée. Tête, cou et neuro anatomie. 1ere édition. Louvain-la-Neuve. NOTO. 2016.
5. LEKHOLM U, ZARB GA. Patient selection and preparation. Tissue integrated prostheses : osteointegration in clinical dentistry. Chicago : Quintessence Publishing Company. 1985. p 199-209.
6. Khoury F,Antoun H, Missika P. Bone augmentation in oral implantology. Quintessence; 2007
7. M.FENELON, E. MASSON-REGNAULT, S.CATROS. La cicatrisation osseuse en chirurgie orale. Réalités cliniques 2016. 27(n°1) :37-43.
8. Atwood DA .Reduction of residual ridges: A major oral disease entity. J Prosthet Dent 1971;26:266–279
9. Wang H-L, Al-Shammari K. HVC Ridge deficiency classification : A therapeutically oriented classification. Restorative dentistry. 2002;22(4):10
10. TULASNE J-F, ANDREANI J-F. Les greffes osseuses en implantologie. Quintessence international. 2007
11. BEN SLAMA L. Greffes osseuse autologues, allogreffes et biomatériaux. Rev Stomato. Chir Maxillofac. Juin 2005 ;106(3) :133-5
12. MAUJEAN.E, STRUILLLOU.X. Traitement implantaire du maxillaire postérieur : revue de la littérature. Rev. Odonto-stomatol, 2003, 33, p201-227

13. SEBAN A. Greffes osseuses et implants. Elsevier Masson, 2008.)
14. KHOURY F et al. Greffe osseuse en implantologie. Quint Pub, 2011
15. DEGORCE T et al. Reconstruction osseuse verticale du secteur antérieur avec les armatures en titane. L'information dentaire n°32. 25 septembre 2019.
16. BETTACH. R. La régénération osseuse guidée. Le fil dentaire. Août 2010
17. RETZEPI M et al. Guided Bone Regeneration: biological principle and therapeutic applications. Clin Oral Implants Res. 2010 Jun;21(6):567-76.
18. JORDANA F, COLAT-PARROS J. Les membranes. Société francophone de biomatériaux dentaires. Université Médicale Virtuelle Francophone. <http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap222/site/html/cours.pdf>
19. SPIN-NETO R et al. Clinical similarities and histological diversity comparing fresh frozen onlay bone blocks allografts and autografts in human maxillary reconstruction. Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Aug;15(4):490-7.
20. KELLER P, RAIDOT J, SCHEID F. Reconstruction osseuse autogène en secteur esthétique. L'information dentaire n°32. 25 septembre 2019.
21. POBLETE-MICHEL MG, MICHEL JF. Les applications chirurgicales des ultra-sons. Paris : Quintessence international, 2008.)
22. KHOURY G et al. Ostéotomies segmentaires d'augmentation verticale des crêtes alvéolaires atrophiées. Le fil dentaire. Juin 2010
23. KHOURY Georges, KHOURY Elias. Ostéotomie axiale de la mandibule postérieure. AONews. Dec 2017.
24. TARDIF Hugo. Techniques de reconstruction osseuse dans les secteurs mandibulaires postérieurs atrophiés. Lyon. Thèse d'exercice. 2018. N° 2018 LYO 1D 011.
25. AGABITI I. et al. Two-stage split at narrow alveolar mandibular bone ridges. J Oral Maxillofac Surg. 2017 Oct;75(10):2115.e1-2115.e12.
26. LEE SW, KIM SG Membranes for the Guided Bone Regeneration. Maxillofac Plast Reconstr Surg. 2014 Nov; 36(6):239-46
27. RAKHMATIA YD et al. Current barrier membranes: titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. J Prosthodont Res. 2013 Jan; 57(1):3-14.)

28. JUNG GU et al. Preliminary evaluation of a three-dimensional, customized, and preformed titanium mesh in peri-implant alveolar bone regeneration. *Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2014 Aug; 40(4):181-7
29. Hasegawa H, et al. Evaluation of a Newly Designed Microperforated Pure Titanium Membrane for Guided Bone Regeneration. *Int J Oral Maxillofac Implants.* Mar/Apr 2019;34(2):411-422.
30. RAKHMATIA YD et al. Microcomputed tomographic and histomorphometric analyses of novel titanium mesh membranes for guided bone regeneration: a study in rat calvarial defects. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014 Jul-Aug; 29(4):826-35.)
31. BRIGUGLIO F et al. The Use of Titanium Mesh in Guided Bone Regeneration: A Systematic Review. *Int J Dent.* 2019 Feb 7;2019:9065423
32. VOVK Y, VOVK V. Results of the guided bone regeneration in patients with jaw defects and atrophies by means of Mondeal® occlusive titanium membranes. *Int. J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2005;34:74. doi: 10.1016/S0901-5027(05)81167-1
33. GUTTA R et al. Barrier membranes used for ridge augmentation: is there an optimal pore size? *J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Jun; 67(6):1218-25.
34. HER S et al. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012 Apr; 70(4):803-10.)
35. YU XIE et al. Titanium mesh for bone augmentation in oral implantology : current application and progress. *Int J oral Sci.* 2020 ; 12:37
36. CORINALDESI et al. Evaluation of survival and success rates of dental implants placed at the time of or after alveolar ridge augmentation with an autogenous mandibular bone graft and titanium mesh: a 3- to 8-year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009 Nov-Dec; 24(6):1119-28
37. CHAN HL et al. A titanium mesh end particulate allograft for vertical ridge augmentation in the posterior mandible : a pilot study. *Int J Periodontics restor. Dent.* 2015;35:515-522
38. MISCH CM. Bone augmentation using allogeneic bone blocks with recombinant bone morphogenetic protein-2. *Implant dent.* 2017;26:826-831
39. LIM HC et al. The effect of overlaying titanium mesh with collagen membrane for ridge preservation. *J Periodontal Implant Sci.* 2015 Aug; 45(4):128-35

40. HARTMANN A, Seiler M. Minimizing risk of customized titanium mesh exposures - a retrospective analysis. *BMC Oral Health*. 2020 Feb 3;20(1):36
41. GHANAATI S, et al. Biomaterial-based bone regeneration and soft tissue management of the individualized 3D-titanium mesh: An alternative concept to autologous transplantation and flap mobilization. *J. Craniomaxillofac. Surg*. 2019 Oct;47(10):1633–1644.
42. BENIC GI et al. Horizontal bone augmentation by means of guided bone regeneration. *Periodontol 2000*. 2014 Oct; 66(1):13-40
43. SUMIDA T, et al. Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: clinical application and the comparison with conventional titanium mesh. *J. Craniomaxillofac. Surg*. 2015 Dec;43(10):2183–2188.
44. CUCCHI A., Giavatto, M. A., Giannatiempo, J., Lizio, G. & Corinaldesi, G. Custom-made titanium mesh for maxillary bone augmentation with immediate implants and delayed loading. *J. Oral. Implant* 45, 59–64 (2019).
45. HARTMANN A, Hildebrandt H, Schmohl JU, Kämmerer PW. Evaluation of Risk Parameters in Bone Regeneration Using a Customized Titanium Mesh: Results of a Clinical Study. *Implant Dent*. 2019 Dec; 28(6):543-550
46. ROCCUZZO et al. Autogenous bone graft alone or associated with titanium mesh for vertical alveolar ridge augmentation: a controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res*. 2007 Jun; 18(3):286-94
47. FILIPPO F et al. In *Dental Implant Complications: Etiology, Prevention, and Treatment* (ed. Stuart J. F.) 362–382 (Wiley, 2015)
48. CIOCCA L et al. Prosthetically CAD-CAM-Guided bone augmentation of atrophic jaws using customized titanium mesh: preliminary results of an open prospective study. *J Oral Implantol*. 2018 Apr;44(2):131-137.
49. K.Sagheb et al. Clinical outcome of alveolar ridge augmentation with individualized CAD-CAM-produced titanium mesh. *Int J Implant Dent*. 2017 Dec;3(1):36.
50. LIZIO G et al. Alveolar ridge reconstruction with titanium mesh : a three-dimensional evaluation of factors affecting bone augmentation. *Int J Oral maxillofac Implants*. Nov-Dec 2014;29(6).

51. RIBEIRO F et al. Bone augmentation of the atrophic anterior maxilla for dental implants using rhBMP-2 and titanium mesh : histological and tomographic analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2015 Dec;44(12):1492-8
52. CUCCHI A et al. Histological and histomorphometric analysis of bone tissue after guided bone regeneration with non-resorbable membranes vs resorbable membrane and titanium mesh. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2019 Aug;21(4):693-701.
53. ZHANG Tianxu et al. The application of newly designed L-shaped titanium mesh for GBR with simultaneous implants placement in the esthetic zone : A retrospective case series study. *Clin Implant dent Relat Res*. 2019 Oct ;21(5) :862-872.
54. Pier P POLI et al. Alveolar ridge augmentation with titanium mesh. A retrospective clinical study. *Open Dent J*. 2014 Sep 29 ;8 :148-58.
55. ZITA GOMES R et al. Alveolar ridge reconstruction with titanium meshes and simultaneous implants placement : A retrospective, multicenter clinical study. *Biomed Res Int*. 2016 Nov 23 ;516838.
56. KHAMEES J et al. Alveolar ridge augmentation using chin bone graft, bovine bone mineral, and titanium mesh : Clinical, histological, and histomorphometric study. *J Indian Soc Periodontol*. 2012 Apr;16(2):235-40.
57. CRAIG M MISH et al. Bone augmentation of the atrophic posterior mandible for dental implants using rhBMP-2 and titanium mesh : clinical technique and early results. *Int J Periodontics Restorative Dent*. Nov-Dec 2011;31(6) :581-9.
58. TORRES J et al. Platelet-rich plasma may prevent titanium-mesh exposure in alveolar ridge augmentation with anorganic bovine bone. *J Clin Periodontol*. 2010 Oct;37(10):943-51.
59. MAIORANA C et al. Clinical and radiographic evaluation of simultaneous alveolar ridge augmentation by means of preformed titanium meshes at dehiscence-type peri-implant defects : a prospective pilot study. 2020 May 22;13(10):2389.
60. AKIYOSHI F et al. A novel combined surgical approach to vertical alveolar ridge augmentation with titanium mesh, resorbable membrane, and rhPDGF-BB : a retrospective consecutive case series. *Int J Periodontics Restorative Dent*. Jul-Aug 2013 ;33(4) :437-45.
61. Craig M Mish et al. Vertical bone augmentation using recombinant bone morphogenetic protein, mineralized bone allograft, and titanium mesh : a retrospective cone beam computed tomography study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. Jan-Feb 2015;30(1) :202-7.

62. LIZIO G et al. Reconstruction of extended and morphologically varied alveolar ridge defects with the titanium mesh technique : clinical and dental implants outcomes. *Int J Periodontics Restorative Dent.* Sep-Oct 2016;36(5):689-97.
63. Caesar C BUTURA et al. Implant placement in alveolar composite defects regenerated with rhBMP-2, anorganic bovine bone, and titanium mesh : a report of eight reconstructed sites. *Int J Oral Maxillofac Implants.* Jan-Feb 2014;29(1) :e139-46.
64. Rahul MALIK et al. Evaluation of alveolar ridge height gained by vertical ridge augmentation using titanium mesh and novabone putty in posterior mandible. *J maxillofac oral surg.* 2020 Mar;19(1):32-39.
65. Daniele DE SANTIS et al. Digital customized titanium mesh for bone regeneration of vertical, horizontal and combined defects : a case series. *Medicina (Kaunas)* 2021 Jan 11;57(1):60.
66. CHIAPASCO M et al. Customized CAD/CAM titanium meshes for the guided bone regeneration of severe alveolar ridge defects : preliminary results of a retrospective clinical study in humans. *Clin Oral Implants Res.* 2021 Apr;32(4):498-510.
67. DELLAVIA C et al. Histological assessment of mandibular bone tissue after guided bone regeneration with customized computer-aided design/computer-assisted manufacture titanium mesh in humans : A cohort study. *Clin implant dent relat res.* 2021 Aug;23(4):600-611.
68. CUCCHI A et al. A microcomputed tomography analysis of bone tissue after vertical ridge augmentation with non-resorbable membranes versus resorbable membranes and titanium mesh in humans. *Int J Oral Impantol.* 2021 Mar 16;14(1):25-38.
69. Grémare A. Développement d'un modèle original pour étudier la communication des cellules osseuses. Thèse d'exercice. 2014 ;Bordeaux;N°67.
70. HANSER T, DOLIVEUX R. MicroSaw and piezosurgery in harvesting mandibular bone blocks from the retromolar region : a randomized split-mouth prospective clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants.* Mar/Apr 2018 ; 33(2):365-372.

Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

Serment

En présence de mes Maîtres et de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de l'art dentaire.

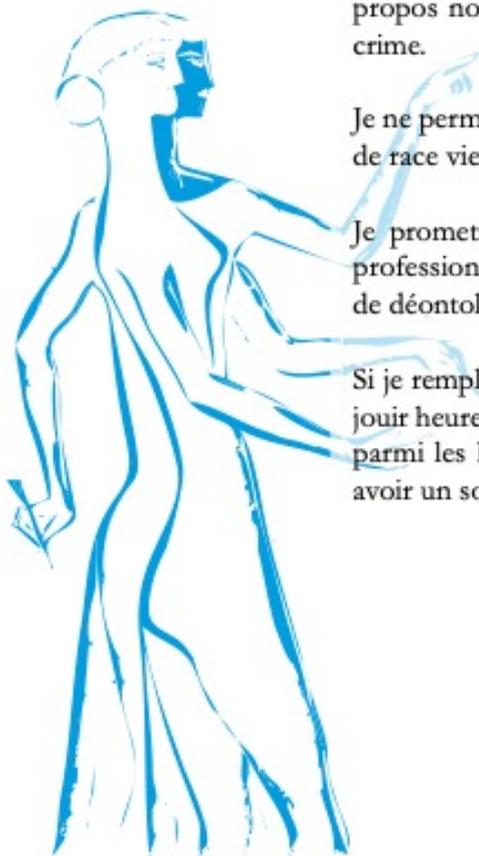
Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un honoraire au-dessus de mon travail. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Mes connaissances et mon état ne serviront ni à diffuser des propos non avérés, ni à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des conditions de croyance, de nation et de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je promets et je jure de conformer strictement ma conduite professionnelle aux principes et aux règles prescrites par le code de déontologie.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.



Vu, le Président du Jury,

Date, Signature :

Vu, la Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques,

Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

Titre : Régénération osseuse guidée avec grille titane : intérêts et indications par rapport aux autres techniques.

Résumé : La pose d'un ou plusieurs implants nécessite parfois la réalisation d'une greffe osseuse afin de retrouver un volume osseux correct. Plusieurs techniques sont possibles, comme la greffe en onlay ou le coffrage autogène qui sont des techniques de référence. La régénération osseuse guidée avec grille titane est une technique encore peu connue des praticiens, pourtant les indications sont larges et elle est à priori plus simple à réaliser.

L'objectif de ce travail est de décrire la technique de ROG avec grille titane et d'évaluer son efficacité sur la base de la littérature scientifique. Après un rappel sur la physiologie osseuse et les différentes techniques de greffe, nous proposons dans ce travail de faire une description détaillée de cette technique et de son protocole, puis de présenter une revue systématique comprenant 26 études sélectionnées.

Les résultats de cette revue systématique suggèrent que la ROG avec grille titane est une technique fiable, reproductible, et avec un très bon taux de succès. C'est une technique tout à fait envisageable par les praticiens, sous réserve de faire attention à certains points comme la tension lors de la fermeture du lambeau et la gestion d'une exposition.

Mots clés : Grille en titane, régénération osseuse guidée, greffe osseuse autogène.

Title : Guided bone regeneration with titanium mesh : interests and indications compared to other techniques.

Abstract : Implants placement sometimes requires a bone graft in order to restore the correct bone volume. Several techniques are possible, such as onlay bone grafting or autogenous formwork, which are the reference techniques. Guided bone regeneration with titanium mesh is a technique that is still not very well known, yet there are many indications and it is, in principle, easier to perform.

The objective of this work is to describe the GBR technique with titanium mesh and to evaluate its effectiveness based on scientific literature. After a review of bone physiology and different grafting techniques, we propose in this work to give a detailed description of this procedure and its protocol, and then to present a systematic review comprising 26 selected studies.

The results of this systematic review suggest that GBR with titanium mesh is a reliable and reproducible technique with a very good success rate. Practitioners can consider this technique provided they take certain important points into account, such as tension during flap closure and management of exposure.

Keywords : Titanium mesh, guided bone regeneration, autogenous bone graft.