

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2020

N° 70

THESE

Présentée pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire
le 16/12/2020

par

LOPEZ Leïla

né(e) le 21/06/1994 à STRASBOURG

**GREFFES OSSEUSES CONCOMITANTES A LA POSE IMPLANTAIRE :
APPORT DE LA TECHNIQUE DE LA CAROTTE OSSEUSE.**

Président : Professeur HUCK Olivier
Assesseurs : Professeur CLAUSS François
Docteur BORNERT Fabien
Docteur JABOU Badr
Docteur OFFERLE Jean-Martin

TABLES DES MATIERES

INTRODUCTION	7
I. Les types de défauts osseux	8
A. Le tissu osseux	8
1. Composants du tissu osseux.....	8
1.1. La lignée ostéoblastique : les cellules ostéo-formatrices.....	8
1.2. La lignée ostéoclastique : les cellules ostéo-destructrices	9
1.3. La matrice extracellulaire osseuse.....	9
2. Physiologie du tissu osseux	9
B. Origine des défauts osseux	10
C. Classification des défauts osseux	10
D. Conséquences de la taille du défaut osseux sur le type de greffe	13
E. Choix thérapeutique	13
1. Principes en implantologie.....	13
1.1. Règles anatomiques	13
1.2. Règles mécaniques	14
2. Choix du protocole chirurgical	14
3. Arbre décisionnel en fonction du défaut osseux.....	15
4. Conclusion.....	16
II. Les différentes techniques de greffes osseuses concomitantes à la pose implantaire	17
A. Introduction	17
B. La régénération osseuse guidée	18
1. Description de la technique	18
1.1. Principes généraux	18
1.2. Mécanismes de la ROG.....	19
1.3. Protocole opératoire.....	25
1.4. Variantes de la technique	27
2. Indications	28
3. Avantages/inconvénients de la technique	28
3.1. Avantages	28
3.2. Inconvénients.....	29
4. Complications	29
5. Pronostic.....	30

C. La carotte osseuse.....	31
1. Description de la technique	31
1.1. Principes généraux	31
1.2. Mécanismes de la greffe de carotte osseuse	31
1.3. Protocole opératoire.....	32
1.4. Variantes de la technique	38
2. Indications	38
3. Avantages et inconvénients de la technique	38
3.1. Avantages	38
3.2. Inconvénients.....	39
4. Complications	40
5. Pronostic.....	40
D. L’anneau osseux « bone ring ».....	41
1. Description de la technique	41
1.1. Principes généraux	41
1.2. Mécanismes de la greffe d’anneau osseux.....	41
1.3. Protocole opératoire.....	42
1.4. Variantes de la technique	45
2. Indications	48
3. Avantages et inconvénients de la technique	48
3.1. Avantages	48
3.2. Inconvénients.....	48
4. Complications de la technique.....	49
5. Pronostic.....	50
E. L’expansion de crête	51
1. Description de la technique	51
1.1. Principes généraux	51
1.2. Mécanismes de l’expansion de crête.....	52
1.3. Protocole opératoire.....	52
1.4. Variantes de la technique	57
2. Indications	59
3. Avantages et inconvénients de la technique	60
3.1. Avantages	60
3.2. Inconvénients.....	60
4. Complications	61
4.1. Vertige paroxystique positionnel bénin (VPPB)	61
4.2. Fractures.....	61
5. Pronostic.....	62
F. Greffe autogène en coffrage	63

1.	Description de la technique	63
1.1.	Principes généraux	63
1.2.	Mécanismes.....	63
1.3.	Protocole chirurgical	64
2.	Indications	72
3.	Avantages et inconvénients de la technique	72
3.1.	Avantages	72
3.2.	Inconvénients.....	72
4.	Complications	73
5.	Pronostic.....	74
III.	<i>La technique de la carotte osseuse : étude rétrospective.....</i>	76
A.	Introduction	76
B.	Objectifs de l'étude	76
C.	Matériel et méthode	77
1.	Critères d'inclusion	77
2.	Outils	77
2.1.	Radiographie.....	77
2.2.	Clinique	78
3.	Recueil des données	78
4.	Paramètres analysés.....	78
5.	Procédure chirurgicale.....	79
D.	Résultats	79
E.	Discussion	84
1.	Analyse des résultats	84
2.	Biais et limites de l'étude	85
	CONCLUSION	87
	BIBLIOGRAPHIE	90

TABLES DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : SCHEMA REPRESENTANT L'ENSEMBLE DES PRINCIPES ANATOMIQUES A RESPECTER POUR LE POSITIONNEMENT IDEAL DE L'IMPLANT (9).....	14
FIGURE 2 : ARBRE DECISIONNEL DE LA PLANIFICATION CHIRURGICALE EN FONCTION DU TYPE DE DEFECT OSSEUX	15
FIGURE 3 : SCHEMA ILLUSTRANT LE PRINCIPE DE REGENERATION OSSEUSE GUIDEE (16).....	20
FIGURE 4 : SCHEMA ILLUSTRANT LES PRINCIPES BIOLOGIQUES DE LA REGENERATION OSSEUSE GUIDEE (13) ..	20
FIGURE 5 : PHOTOGRAPHIES D'UNE POSE D'IMPLANT AVEC REGENERATION OSSEUSE GUIDEE (25).....	26
FIGURE 6 : ILLUSTRATION DE LA TECHNIQUE DE REGENERATION OSSEUSE GUIDEE SIMULTANEE A LA POSE IMPLANTAIRE. (26).....	26
FIGURE 7 : PHOTOGRAPHIES DU FORET TREPAN UTILISE POUR REALISER UNE CAROTTE OSSEUSE (35)(36) ..	32
FIGURE 8 : PHOTOGRAPHIE D'UN OSTEOTOME PERMETTANT DE RECUEILLIR LA CAROTTE OSSEUSE. (37)	33
FIGURE 9 : PHOTOGRAPHIE ILLUSTRANT LA RECUPERATION DE L'OS DU FORAGE LORS DES PASSAGES DE FORETS IMPLANTAIRE (DR. JEAN-MARTIN OFFERLE).....	34
FIGURE 10 : PHOTOGRAPHIES D'UN COLLECTEUR D'OS SAFESCRAPER® (39).....	35
FIGURE 11 : PHOTOGRAPHIES ILLUSTRANT LES DIFFERENTES ETAPES DE LA TECHNIQUE DE LA CAROTTE OSSEUSE	37
FIGURE 12 : PHOTOGRAPHIES DES ETAPES DE LA TECHNIQUE DE GREFFE D'ANNEAU OSSEUX (46)	47
FIGURE 13 : PHOTOGRAPHIES DES ETAPES DE LA TECHNIQUE DE GREFFE D'ANNEAU OSSEUX (45)	47
FIGURE 14 : PHOTOGRAPHIE D'INSERTS ULTRASONIQUES (70).....	54
FIGURE 15 : PHOTOGRAPHIE D'EXPANSEURS MANUELS (73)	55
FIGURE 16 : PHOTOGRAPHIE D'UN OSTEOTOME DROIT ET COUDE (75).....	55
FIGURE 17 : PHOTOGRAPHIE D'UN EXPANSEUR MANUEL RHOD (70).....	55
FIGURE 18 : PHOTOGRAPHIES ILLUSTRANT LES ETAPES D'UNE EXPANSION DE CRETE AVEC VOLET OSSEUX SUR UN EDENTEMENT PLURAL. (64)	57
FIGURE 19 : ILLUSTRATIONS DE LA VARIANTE DE LA TECHNIQUE D'EXPANSION DE CRETE AVEC VOLET OSSEUX SUR UN EDENTEMENT UNITAIRE, ET PLACEMENT DE L'IMPLANT AU SEIN DE LA CRETE EDENTEE. (77)	58
FIGURE 20 : PHOTOGRAPHIES D'EXPANSION DE CRETE SANS LEVEE DE LAMBEAU (76).....	59
FIGURE 21 : PHOTOGRAPHIE DES LIMITES D'UN PRELEVEMENT MENTONNIER (89)	66
FIGURE 22 : PHOTOGRAPHIES DES ETAPES D'UNE GREFFE AUTOGENE EN COFFRAGE AVEC PRELEVEMENT MANDIBULAIRE (DR. JEAN-MARTIN OFFERLE).....	71

TABLEAU 1 : TABLEAU RECAPITULATIF DES DIFFERENTES CLASSIFICATIONS DES DEFAUTS OSSEUX AU COURS DU TEMPS (2)	12
TABLEAU 2 : TABLEAU COMPARATIF DES TECHNIQUES DE GREFFES OSSEUSES CONCOMITANTES A LA POSE IMPLANTAIRE	75
TABLEAU 3 : TABLEAU DES RESULTATS DES PARAMETRES ANALYSES	80
TABLEAU 4 : TABLEAU DEMONTRANT LES RESULTATS CLINIQUES OBTENUS SUR QUELQUES CAS CLINIQUE DE GREFFE DE CAROTTE OSSEUSE	83

INTRODUCTION

Le traitement implanto-prothétique est aujourd'hui ancré dans la pratique quotidienne des Chirugiens-Dentistes, répondant à un vieillissement de la population et à la volonté de s'affranchir des prothèses amovibles.

Le projet chirurgical implantaire est toujours guidé par le projet prothétique qui est aussi le résultat attendu par le patient.

Lorsque le volume alvéolaire ne permet pas le positionnement de l'implant dans l'axe prothétique, des techniques de reconstruction du volume osseux doivent être entreprises au préalable.

Ce n'est qu'après une phase de cicatrisation osseuse de plusieurs mois que pourra être effectuée la pose implantaire. Cela implique alors deux interventions chirurgicales pour le patient avec, in fine, une durée de traitement encore allongée.

Face à ces contraintes, quelles solutions de l'arsenal thérapeutique pourrions-nous proposer ?

Des techniques permettraient-elles de réaliser la greffe osseuse simultanément à la pose de l'implant ?

Dans quels cas et pour quel type de défaut osseux ces techniques seraient-elles réalisables ?

Dans le vaste domaine de la greffe osseuse, il s'agira dans cette thèse de référencer les techniques d'augmentation osseuse concomitantes à la pose implantaire.

Après un rappel des défauts osseux et du domaine d'application de ces greffes, nous décrirons de la manière la plus exhaustive possible, les techniques d'augmentation osseuse réalisables simultanément à la pose de l'implant.

Une partie abordera ensuite plus particulièrement la technique de la carotte osseuse semblant présenter de nombreux avantages. Nous réaliserons une étude rétrospective de cas cliniques qui nous permettra d'illustrer cette technique et de tenter de déterminer si elle peut apporter un gain osseux significatif permettant la pérennité de l'implant.

I. Les types de défauts osseux

A. Le tissu osseux

Le tissu osseux est un tissu de soutien qui a la particularité de se remanier en permanence, afin de pallier aux différentes sollicitations qui s'exercent sur lui. L'os alvéolaire, entourant la dent, est également soumis à des forces et à des contraintes tout au long de la vie de l'individu. Il subit donc lui aussi un remodelage osseux permanent. (1)

1. Composants du tissu osseux

Le tissu osseux est constitué de cellules et d'une matrice extracellulaire calcifiée. Les cellules qui le composent appartiennent à 2 lignées différentes : la lignée ostéoblastique et la lignée ostéoclastique.

1.1. La lignée ostéoblastique : les cellules ostéoformatrices

Cette lignée dérive de précurseurs présents dans le périoste et la moelle osseuse. Elle comporte 3 types de cellules. De la moins différenciée à la plus différenciée, on retrouve :

- *Les cellules bordantes* : ce sont des ostéoblastes quiescents présents à la surface de la matrice osseuse, capables de se réactiver en ostéoblastes en réponse à certains stimuli.
- *Les ostéoblastes* : ce sont les cellules sécrétrices de la matrice organique. Elles sont responsables de la construction osseuse. A la fin de leur phase de formation osseuse, elles vont se différencier en ostéocytes ou en cellules bordantes, ou alors vont mourir par apoptose.
- *Les ostéocytes* : différenciation terminale des ostéoblastes. Ils forment un large réseau de communication au sein de la matrice osseuse, transmettant les informations aux ostéoblastes et inhibant leur activité lorsque cela est nécessaire. (1)(2)

1.2. La lignée ostéoclastique : les cellules ostéo-destructrices

Les ostéoclastes sont de grandes cellules multinucléées responsables de la résorption osseuse. On les retrouve sous 2 formes : une forme inactive qui se déplace à la surface du tissu osseux, et une forme active responsable de la création de lacunes de résorption osseuse (les lacunes de Howship). (1)(2)

1.3. La matrice extracellulaire osseuse

Elle présente une phase organique et une phase minérale.

La phase organique comprend du collagène, des protéines non collagéniques (ostéonectine, ostéopontine et ostéocalcine), ainsi que des protéoglycanes.

La phase minérale est majoritairement composée de cristaux d'hydroxyapatite déposés sur les fibrilles de collagène.

2. Physiologie du tissu osseux

Au sein du tissu osseux ont lieu successivement des phases d'apposition et de résorption osseuse. Il s'agit d'un équilibre physiologique permettant à l'os de se régénérer.

Environ 10% du tissu osseux est renouvelé chaque année, en réponse à des contraintes mécaniques perçues par les ostéocytes, des facteurs endocriniens régulant le métabolisme phosphocalcique, des facteurs locaux.

Le phénomène de remodelage osseux correspond à la succession de 3 phases :

- **Phase de résorption** : correspond à l'activation des précurseurs ostéoclastiques et à leur formation en ostéoclastes adhérant à l'os,
- **Phase d'inversion** : les ostéoclastes arrêtent la lyse osseuse, ils se détachent de l'os en laissant derrière eux une couche de glycoprotéines qu'on appelle la lignée cémentante. Ils vont ensuite entrer en apoptose,
- **Phase d'apposition** : les ostéoblastes sont recrutés sur le site et entraînent une reformation osseuse.

B. Origine des défauts osseux

Les quatre principales origines de la présence d'un défaut osseux au niveau des maxillaires ont été décrites par D. Harris en 1997. (3)

- Congénitale (micrognathie, oligodontie, fentes...)
- Physiologique
 - Pertes dentaires
 - Age avancé
- Chirurgicale : apparition suite à une extraction dentaire
- Pathologique
 - Traumatismes
 - Maladies parodontales
 - Kystes

C. Classification des défauts osseux

De nombreuses classifications ont été développées au cours du temps afin de tenter de définir les défauts osseux. Les auteurs de ces classifications se sont fondés sur des critères assez divers (4).

Il nous faut nous y intéresser car nous cherchons une classification des défauts osseux qui nous permettra de donner l'indication d'une technique d'augmentation osseuse en fonction du type de défaut. Il est alors nécessaire que ce défaut soit quantitativement déterminé.

Pour se faire, nous avons regroupé les différentes classifications dans le tableau suivant :

Auteur	Critère	Avantage	Inconvénient	Classification
SEIBERT (1983)	Direction de la perte osseuse		Pas d'appréciation quantitative de la perte osseuse	Classe I : Perte osseuse vestibulo-linguale + hauteur normale de la crête Classe II : Perte osseuse verticale + crête de largeur normale Classe III : Perte osseuse verticale et horizontale
ALLEN (1985)	Degré de la perte osseuse	Plus précise		Légère : perte osseuse < 3 mm Modéré : perte osseuse entre 3 et 6mm Sévère : perte osseuse > 6 mm
LEKHOLM et ZARB (1985)	Degré de la perte osseuse	Classification de la qualité osseuse	Pas d'appréciation dans le sens vestibulo-lingual	Classe A : crête alvéolaire normale Classe B : résorption légère de la crête alvéolaire Classe C : os alvéolaire totalement résorbé, os basal intact Classe D : résorption de l'os basal
CAWOOD et HOWELL (1988)	Quantité d'os résiduel	Apprécie le relief de la crête		Classe I : arcade dentée Classe II : hauteur osseuse après avulsion Classe III : crête arrondie de hauteur et d'épaisseur normales Classe IV : crête très mince, hauteur normale Classe V : crête plate, très résorbée Classe VI : crête négative avec résorption de l'os basal
JENSEN (1999)	Hauteur d'os résiduel		Pas d'appréciation dans le sens vestibulo-lingual	Classe A : os résiduel supérieur à 10 mm, implant de 10 totalement recouvert Classe B : hauteur d'os compris entre 7 et 9 mm Classe C : hauteur d'os résiduel entre 4 et 6 mm Classe D : os résiduel entre 1 et 3 mm 30 % de l'implant sont recouverts

GARDELLA et RENOUARD (1999)	Évaluation des composant es de ZARB et LEKHOLM			Classe 1 : - édentement limité à 1 ou 2 dents - au moins 3 ou 4 parois résiduelles - perte osseuse verticale parfois importante (A, B, C, D) Classe 2 : (crête en forme de lame de couteau) - édentement limité à 3 ou 4 dents - nombre de parois dans le sens V/L de 1 ou 2 parois osseuses - perte verticale dans le sens B ou C Classe 3 : (faibles pertes de substances) - édentement d'une ou plusieurs dents - le nombre de parois résiduelles dans le sens vestibulo-lingual est de 3 ou 4 parois. - perte osseuse verticale réduite
WANG et SCHAMMARI (2005)	Le sens et le degré de la perte osseuse			Elle se répartit en trois classes : déficit horizontal, vertical ou combiné, puis chaque classe est sous définie : Petite : déficit inférieur à 3 mm Moyenne : déficit entre 4 et 6 mm Grande : déficit supérieur à 7 mm

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des différentes classifications des défauts osseux au cours du temps (2)

Deux classifications peuvent alors nous intéresser et semblent d'ailleurs se regrouper ; ce sont les classifications de ALLEN (1985), et celle de WANG et SHAMMARI (2005).(5)

D'après ces classifications, nous parlerons donc de défaut osseux :

- Faible : pour un défaut osseux dont la taille est inférieure ou égale à 3 mm
- Modéré : taille comprise entre 4 à 6 mm
- Sévère : taille supérieure ou égale à 7 mm

D. Conséquences de la taille du défaut osseux sur le type de greffe

A partir du degré de résorption osseuse, il est possible de déterminer la technique chirurgicale ainsi que le type de greffe à réaliser sur le site à implanter.

Les défauts osseux sévères, les plus grands, nécessiteront une phase de greffe osseuse préalable à la pose de l'implant.

Concernant les défauts de taille moyenne, le Chirurgien-Dentiste devra choisir, en fonction de la situation clinique et des facteurs favorisant, si la pose de l'implant peut se faire simultanément à la greffe osseuse ou si la chirurgie implantaire doit être reportée.

C'est dans le cas d'un défaut osseux faible, donc de petite taille, que les conditions seront propices à la pose de l'implant simultanément à un renforcement osseux, par des techniques de greffes osseuses que nous allons détailler tout au long de ce travail.

E. Choix thérapeutique

1. Principes en implantologie

1.1. Règles anatomiques

Le principe fondamental régissant l'implantologie est le fait que l'implant doit impérativement être entouré d'une épaisseur d'os de 1,5 à 2 mm.

Lorsque ce critère n'est pas respecté, un renforcement du volume osseux doit être réalisé pour assurer la pérennité de l'implant. (6)

En effet, un volume d'os suffisant au niveau du site d'implantation est primordial pour une survie à long terme de l'implant. (7)

Deux autres règles anatomiques conditionnent le positionnement idéal de l'implant.

- Une épaisseur d'os de 1,5 mm doit exister entre l'implant et la racine de la dent adjacente. (8)
- Une distance de 3 mm doit séparer 2 implants adjacents (8)

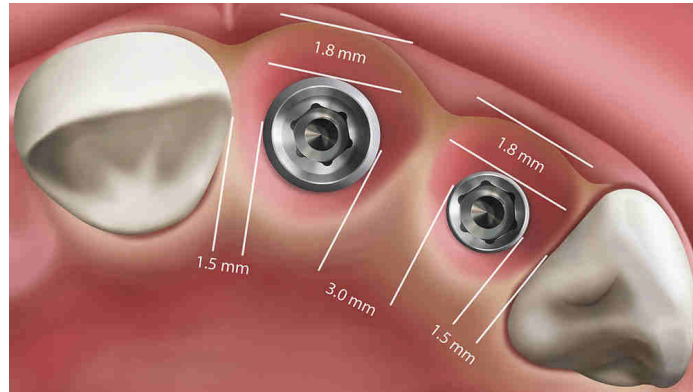


Figure 1 : Schéma représentant l'ensemble des principes anatomiques à respecter pour le positionnement idéal de l'implant (9)

1.2. Règles mécaniques

Le second principe fondamental est la stabilité primaire de l'implant. Il s'agit de l'ancrage mécanique de l'implant dans l'os au moment de la pose implantaire, rendu possible par les spires de l'implant.

Si cette stabilité primaire est respectée, la stabilité secondaire pourra se mettre en place : c'est l'apposition de tissu osseux néoformé au contact même des spires de l'implant. Alors l'implant sera ostéointégré et ce sera un succès thérapeutique.

S'il n'y a pas de stabilité primaire, l'implant sera soumis à des micromouvements qui auront pour conséquence la fibro-intégration de l'implant, à savoir l'échec de la thérapeutique implantaire. (10)

2. Choix du protocole chirurgical

La position de l'implant avec un contour osseux de 1,5 à 2mm ainsi que sa stabilité primaire sont les critères de décision concernant le protocole chirurgical à mettre en place en cas de défaut osseux :

- **Chirurgie en un-temps** : Le renforcement osseux sera réalisé simultanément à la pose implantaire.
- **Chirurgie en deux-temps** : Un renforcement osseux préalable sera réalisé. Après une phase de cicatrisation de plusieurs mois, une nouvelle intervention sera planifiée pour réaliser la pose de l'implant.

3. Arbre décisionnel en fonction du défaut osseux

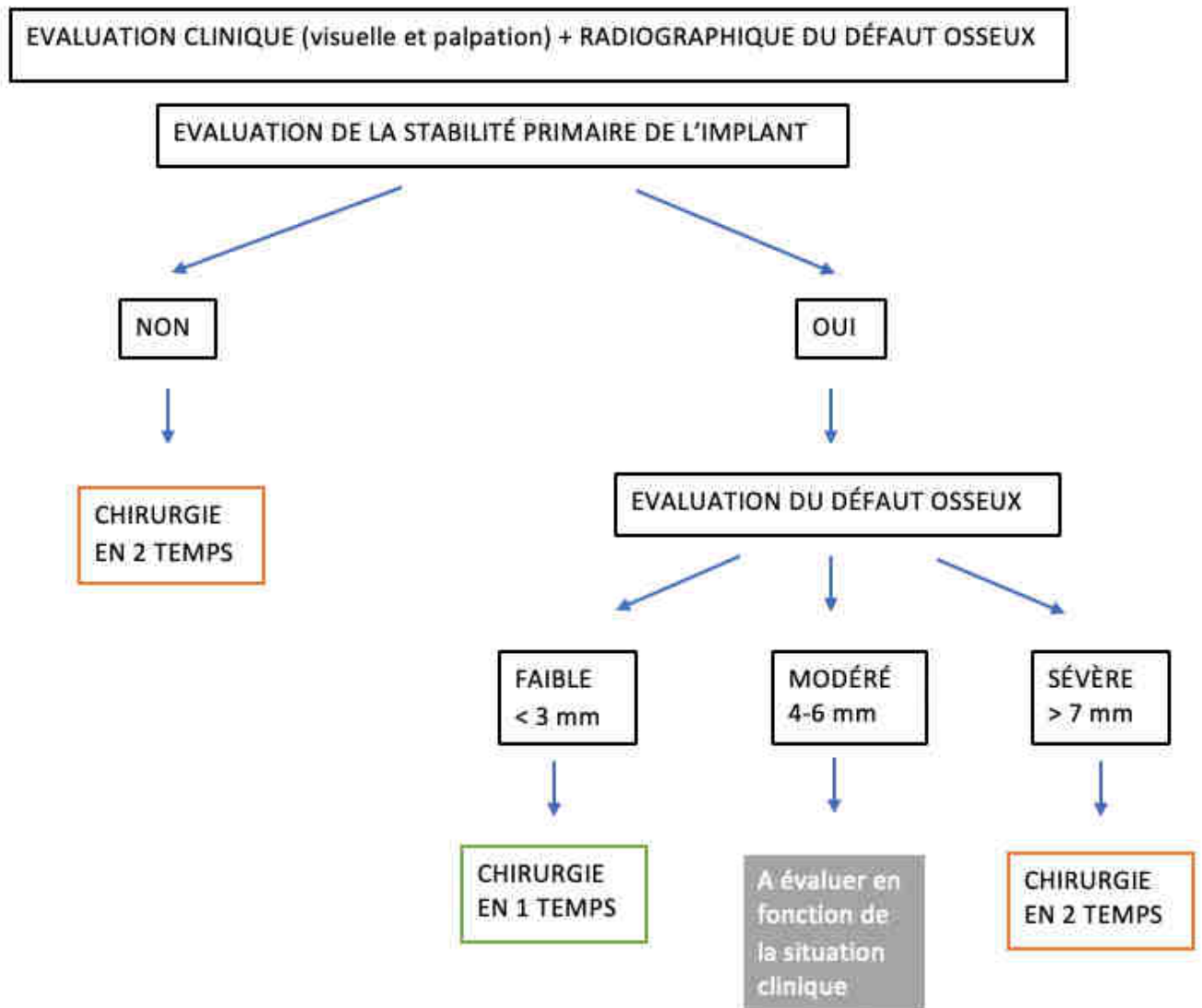


Figure 2 : Arbre décisionnel de la planification chirurgicale en fonction du type de défaut osseux

4. Conclusion

Avant tout traitement implantaire, une évaluation du volume osseux par radiographie, palpation et examen visuel est primordiale.

Le critère primordial qu'il faut déterminer est la possibilité d'obtenir une stabilité primaire de l'implant lors de la chirurgie implantaire.

Lorsque la stabilité primaire de l'implant n'est pas possible dans la situation clinique, une chirurgie de greffe osseuse doit être entreprise avant la pose implantaire. Ce n'est qu'après une phase de cicatrisation de la greffe osseuse de 4 à 6 mois que la chirurgie implantaire pourra être réalisée.

Si la stabilité primaire de l'implant est possible dans le contexte clinique, le praticien doit déterminer le type de défaut osseux dont il s'agit. Lorsque le défaut osseux est faible, la pose de l'implant simultanément à la greffe osseuse pourra être réalisée. Dans le cas des défauts modérés, il sera nécessaire d'évaluer le contexte clinique et la nature du défaut osseux pour déterminer dans quel cas la chirurgie implantaire pourra être effectuée simultanément au renforcement osseux.

Quelques remarques peuvent être soulevées concernant les défauts osseux :

- Il semblerait que les résorptions les plus faciles à traiter soient les résorptions horizontales. Le défaut vertical étant plus compliqué à combler, ou du moins nécessitant des techniques plus complexes.
- Si les dents adjacentes au défaut osseux présentent une perte d'attache importante, ou que plusieurs dents sont absentes, il semblerait que le pronostic de la greffe soit moins bon.
- Une déhiscence peut-être comblée simultanément à la pose implantaire, dans la mesure où l'implant est stabilisé et entièrement placé dans l'os.

II. Les différentes techniques de greffes osseuses concomitantes à la pose implantaire

A. Introduction

Pour rappel, les techniques de greffes osseuses concomitantes à la pose implantaire sont toutes les techniques chirurgicales dont le renforcement osseux (ou greffe osseuse) et la pose implantaire sont réalisés dans le même temps opératoire.

Des facteurs communs à l'ensemble de ces techniques mais également à l'ensemble des greffes osseuses en général peuvent être cités. Ce sont les facteurs essentiels à la réussite d'une greffe c'est-à-dire à sa bonne cicatrisation.

- L'angiogenèse tout d'abord. Il s'agit de la formation de nouveaux vaisseaux sanguins à partir d'autres vaisseaux sanguins préexistants. C'est par l'intermédiaire des vaisseaux sanguins que seront amenées les cellules ostéogéniques vers le site greffé.
- La fermeture sans tensions des tissus mous, par l'intermédiaire des sutures.
- La stabilité de la greffe osseuse
- Dans le cadre des greffes osseuses simultanées à la pose implantaire, un facteur indispensable à la réussite s'ajoute. Il s'agit de la stabilité primaire de l'implant.

Dans cette partie, nous allons décrire les 5 principales techniques de greffes osseuses concomitantes à la pose implantaire, en allant de la moins invasive vers la plus invasive.

En revanche, on ne traitera pas des greffes concomitantes à la pose implantaire dans le cadre des soulèvements de sinus.

B. La régénération osseuse guidée

1. Description de la technique

1.1. Principes généraux

La régénération osseuse guidée, dite ROG, est une technique d'augmentation du volume osseux largement répandue.

La régénération est la réparation d'un tissu *ad integrum*. Cette technique permet donc théoriquement de retrouver le volume osseux de départ, le volume d'avant l'apparition du défaut osseux.

Le principe général est d'utiliser un matériau de comblement osseux au contact de l'os autologue, isolé de la gencive par une membrane placée au contact même de la gencive. (11)

Ce matériau de comblement osseux peut avoir différentes origines, ce qui définira alors le type de greffe.

- *Autogreffe* : de l'os particulé est prélevé chez le patient, et cet os prélevé sera greffé sur ce même patient. C'est la technique de greffe de référence, le gold standard.
- *Hétérogreffe* : par opposition à l'autogreffe, le greffon ne provient pas du patient. On en retrouve trois types :
 - *Allogreffe* : le donneur et le receveur appartiennent à la même espèce mais il s'agit de deux individus différents. Exemple : BIO Bank,...
 - *Xénogreffe* : le donneur appartient à une espèce différente de l'espèce humaine. Exemple : Geistlich Bio-Oss®,...
 - *Grefte alloplastique* : le matériau utilisé est d'origine synthétique

1.2. Mécanismes de la ROG

1.2.1. Historique

En 1957, *Murray et coll.* ont créé un défaut dans un os iliaque de chien. En isolant ce défaut dans une cage en plastique, ils ont constaté une néoformation d'os au sein de la cage. C'est ainsi que le phénomène de régénération osseuse guidée a été observé pour la première fois. (12)

Chez l'Homme, la technique de ROG consistait au départ à placer une membrane sur le défaut osseux pour protéger le caillot sanguin à l'origine de la cicatrisation. Plus tard, un matériau de comblement a été introduit sous la membrane. (13)

Toutes les combinaisons de technique ont été essayées au cours du temps (membrane seule, biomatériau seul, membrane et biomatériau associés). (13)

1.2.2. Principe

On sait que les tissus migrent à une vitesse différente lors de la cicatrisation. En effet, le tissu osseux a une vitesse de renouvellement plus lente que le tissu gingival, qui est un tissu épithélio-conjonctif.

C'est sur ce principe qu'est fondée la théorie de la ROG. (14)

Une barrière délimite un espace (comblé ou non de substitut osseux), qui sera rempli par le caillot sanguin. Ce caillot permet la libération de facteurs de croissance et de cytokines attirant les polynucléaires neutrophiles et les macrophages. Le caillot est alors remplacé par un tissu de granulation riche en vaisseaux sanguins néoformés. Ces vaisseaux sanguins apportent les nutriments nécessaires à la formation puis la minéralisation osseuse. (14)(15)

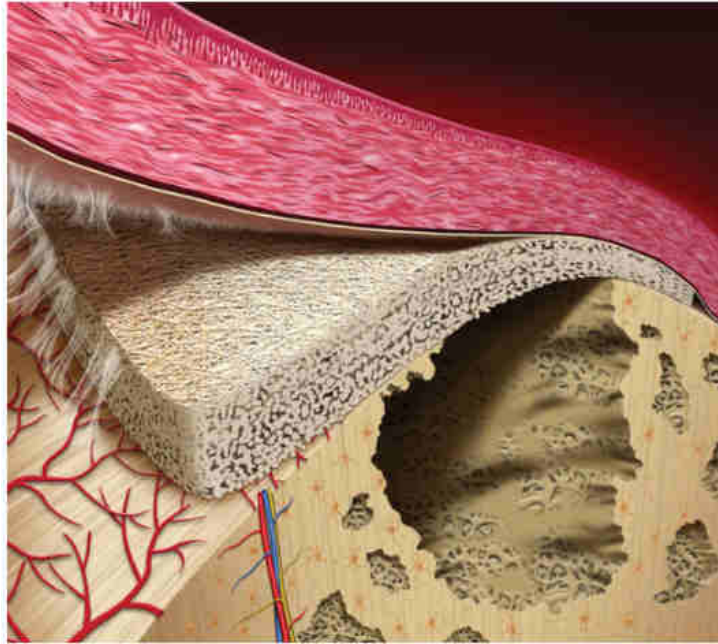


Figure 3 : Schéma illustrant le principe de régénération osseuse guidée (16)

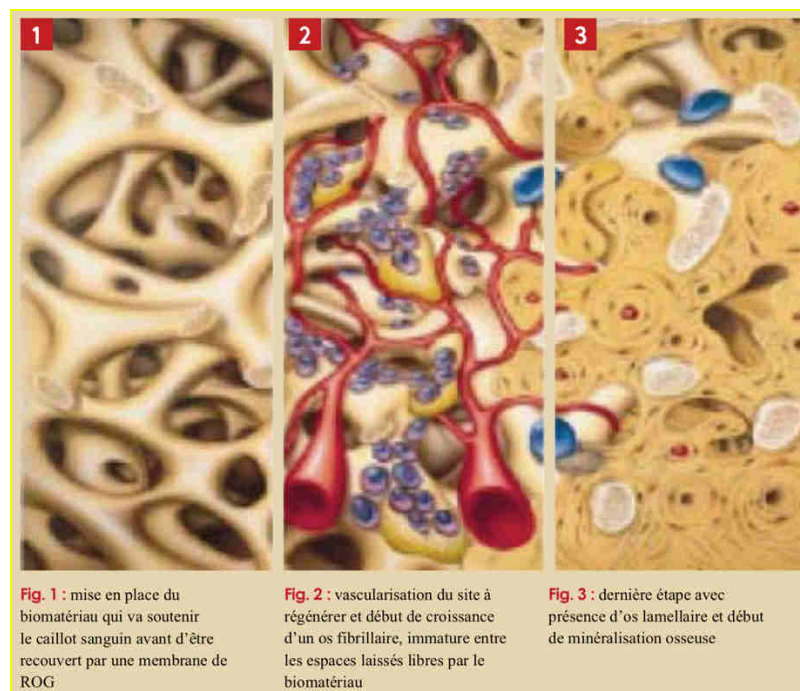


Figure 4 : Schéma illustrant les principes biologiques de la régénération osseuse guidée (13)

La ROG peut être réalisée simultanément à la pose implantaire, mais peut également précéder la pose implantaire. Le but sera alors, dans un premier temps opératoire, de combler le défaut osseux et d'implanter ensuite le site greffé après l'avoir laissé cicatriser 3 à 4 mois. (14)

En implantologie, la technique a d'abord été décrite pour combler le « Jumping distance », c'est-à-dire le volume manquant entre l'implant et les parois de l'alvéole lors d'une extraction-implantation immédiate. (17)

Aujourd'hui, elle est largement utilisée seule pour combler des défauts osseux ou en association avec d'autres techniques de greffes.

1.2.3. Rôles des différents acteurs

1.2.3.1. La membrane

1.2.3.1.1. *Types de membranes*

Les membranes utilisées peuvent être résorbables ou non résorbables, et plus ou moins rigides selon l'utilisation. (16)

1.2.3.1.1.1. *Membranes résorbables*

Les membranes résorbables ne nécessitent pas de ré-intervention. De ce fait, elles entraînent des complications post-opératoires moins importantes. Elles sont plus confortables pour le praticien mais aussi pour le patient, et facilitent globalement la prise en charge. (14)

Elles sont de 2 types :

- *Naturelles* : membranes en collagène provenant de différentes sources (tendon, peau, derme ou péricarde) de différentes origines (bovine, porcine, humaine)
- *Synthétiques* : membranes polymères constituées de polyesters synthétiques biodégradables (14)

1.2.3.1.1.2. Membranes non résorbables

Les membranes non résorbables nécessitent, par définition, une ré-intervention chirurgicale suite à la cicatrisation osseuse pour venir retirer cette membrane.

Ces membranes non résorbables sont de 2 types :

- Fabriquées en polytétrafluoroéthylène (PTFE) : ce sont les e-PTFE ou d-PTFE. Pour les défauts volumineux, elles peuvent être renforcées en titane.
- « Titanium mesh » : elles forment une maille en titane (18)

1.2.3.1.2. Rôles des membranes

- La membrane permet de protéger le caillot sanguin à l'origine de la cicatrisation osseuse (13)
- Elle a le rôle de mainteneur d'espace en délimitant le volume osseux à reconstruire (13)
- Sa présence semble bénéfique pour l'ostéointégration de l'implant car elle augmenterait la quantité d'os néoformé (18)
- Elle tient le rôle de barrière passive en isolant la gencive des cellules ostéogéniques qui viendront repeupler le site greffé. Les cellules ostéogéniques peuvent alors exprimer tout leur potentiel ostéoinducteur sans que des facteurs externes provenant de la gencive ne perturbent le phénomène. Elle ne promeut donc pas directement l'ostéoinduction mais la rend possible. (19)(16)

1.2.3.2. Le substitut osseux

Le substitut osseux vient constituer l'échafaudage en trois dimensions, dans lequel les cellules ostéogéniques vont venir s'insinuer et coloniser le nouvel espace, jusqu'à la guérison osseuse. (20)

L'intérêt des substituts osseux est que leur structure est proche de l'os humain, offrant ainsi une trame pour les cellules ostéogéniques afin de coloniser le site du défaut osseux. (21)

Ces substituts osseux peuvent avoir un rôle dans l'ostéogenèse, l'ostéoinduction ou l'ostéoconduction.

- *Ostéogenèse* : c'est la formation et le développement osseux
- *Ostéoinduction* : c'est la transformation des cellules souches mésenchymateuses indifférenciées en ostéoblastes ou chondroblastes
- *Ostéoconduction* : c'est le processus fournissant une matrice physique permettant aux cellules mésenchymateuses de se développer et déposer le nouvel os. (14)

1.2.3.2.1. Os autogène

De par ses propriétés d'ostéogenèse, d'ostéoconduction et d'ostéoinduction, l'os autogène est le matériau de référence. (22)

Cet os autogène peut être récupéré chez le patient de différentes manières.

- Sur le site implantaire :
 - Récupération lors des forages implantaires
 - Récupération de l'os en grattant à l'aide d'un collecteur d'os (SafeScraper®)
- Sur un autre site que le site implantaire
 - Récupération d'un greffon osseux que l'on pourra broyer

L'inconvénient majeur est que la quantité d'os autogène récupérée sur le site implantaire est souvent limitée. Pour éviter un deuxième site chirurgical, il sera préférable d'utiliser un autre substitut osseux et de mélanger l'os autogène récupéré avec le substitut osseux pour lui offrir une chance supplémentaire de s'ostéo-intégrer. (14)

1.2.3.2.2. Os allogène

L'os allogène a des propriétés d'ostéoconduction mais pas d'ostéoinduction ni d'ostéogenèse. Cela impliquerait une formation osseuse plus lente que pour l'os autogène. (14)

Le substitut osseux à base d'os allogène est fabriqué à partir d'os lyophilisé minéralisé (FDBA) ou déminéralisé (DFDBA). Il semblerait que l'os lyophilisé déminéralisé soit plus ostéoinducteur que l'os minéralisé mais aucune différence significative n'a été démontrée entre les 2 types d'os allogène.

L'avantage principal de l'os allogène est son approvisionnement illimité.

La taille des particules d'os allogène est importante, la taille idéale se situant entre 100 et 400 μm . Quand les particules sont trop petites elles risquent de se résorber, trop grandes elles vont gêner la vascularisation. (14)

1.2.3.2.3. Os xénogène

Les matériaux utilisés dans la xénogreffe sont uniquement ostéoconducteurs, ils permettent de constituer l'échafaudage nécessaire à la formation du nouveau tissu osseux.

L'origine des biomatériau est de 2 types :

- L'hydroxyapatite naturelle provenant d'os de différents animaux
- L'os bovin désorganisé

Leur structure biocompatible avec les tissus environnants leur permet de s'intégrer dans l'os humain. Le matériau sera progressivement remplacé par le nouvel os formé. Cependant, ce phénomène est relativement lent et il est possible de retrouver des particules plusieurs années après une greffe. (14)

1.2.3.2.4. Matériau alloplastique

Eux aussi ne permettent que l'ostéoconduction en constituant l'échafaudage tridimensionnel. Ils sont d'origine synthétique ; ce sont le carbonate de calcium, le sulfate de calcium, les polymères de verre bioactifs et les matériaux céramiques (hydroxyapatite synthétique et phosphate tricalcique). (14)

1.2.3.3. Le dispositif de fixation de la membrane

1.2.3.3.1. Sutures

Le rôle des sutures est indispensable à la bonne cicatrisation de la greffe osseuse, elles doivent permettre la stabilisation de la membrane sur la gencive. (22)

1.2.3.3.2. Vis de fixation et pins

Deux types de dispositifs permettent de diminuer le risque d'effondrement de la membrane en la tendant et en la rendant immobile : (16)

- Les vis de fixation ou minivis : non résorbables. Elles sont souvent utilisées pour fixer des membranes non résorbables et doivent être déposées à la fin de la période de cicatrisation osseuse, au moment du retrait de la membrane. (23)
- Les pins ou punaises : résorbables, utilisés en association avec les membranes résorbables. (11)

1.3. Protocole opératoire

1.3.1. Anesthésie, incision et lambeau

Une anesthésie locale large au niveau du vestibule, complétée en palatin ou lingual est administrée au niveau du futur site à implanter.

Une incision crestale est réalisée au niveau du site à implanter. Un lambeau de pleine épaisseur est ensuite levé pour avoir un accès au niveau du défaut osseux.

1.3.2. Pose de l'implant

La séquence de passage des forets implantaire est réalisée. L'os autogène est récupéré au niveau des spires des forets implantaires et placé dans un récipient contenant du sérum physiologique.

L'implant est ensuite mis en place au niveau du lit implantaire.

1.3.3. Réalisation de la greffe

Le substitut osseux est mélangé à l'os particulé récupéré au moment des forages implantaires. Le mélange est placé au contact de l'implant pour combler le défaut osseux, et tassé pour qu'il soit bien compacte et ne se délite pas.

Une membrane est ensuite placée contre le substitut osseux pour isoler l'os de la gencive.

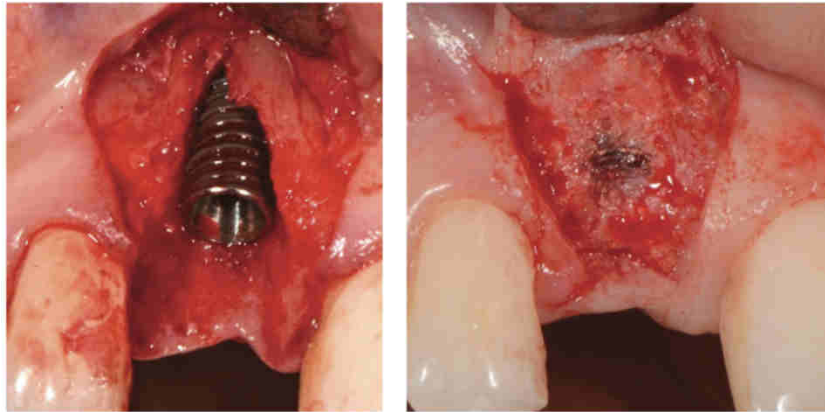


Figure 5 : Photographies d'une pose d'implant avec régénération osseuse guidée (24)

1.3.4. Repositionnement du lambeau et sutures

La gencive est repositionnée au-dessus de la membrane et suturée sans tensions par des techniques de plasties gingivales, notamment incision périostée. (7)

La membrane ne doit pas être apparente pour ne pas risquer l'infection du site, notamment pour les membranes non résorbables qui ne supportent pas l'exposition à la cavité buccale. (22)



Fig. 1. The open book flap.

Figure 6 : Illustration de la technique de régénération osseuse guidée simultanée à la pose implantaire. (25)

1.4. Variantes de la technique

1.4.1. Technique sans lambeau « flapless »

Cette technique est utilisée lorsque les remparts alvéolaires autour de l'implant sont intacts, pour combler l'espace vacant entre l'implant et les parois de l'alvéole, lors d'une extraction-implantation immédiate par exemple.

Même si aucune différence significative n'a été constatée entre la technique avec et sans lambeau, il semblerait que la technique « flapless » pourrait diminuer la perte osseuse sur le site lésé.

En effet, quand on enlève une dent on perd le ligament parodontal et donc la vascularisation qui y provient. La vascularisation est alors apportée uniquement par le périoste. Lorsque le lambeau est levé, on perd la vascularisation provenant du périoste. (26)

1.4.2. Technique en 2 couches

Cette technique de ROG a été décrite par le Pr. Daniel Buser pour reconstruire un défaut vestibulaire lors d'une implantation et greffe immédiate grâce à une technique en 2 couches superposées. (27)

- La première couche est placée contre l'implant, contre les spires implantaires, pour combler le défaut osseux. Elle est constituée de copaux d'os autogène prélevés, au cours des forages implantaires ou autour du site. La présence de la sous-couche favorise la colonisation de l'os xénogène par l'os néoformé. Son intérêt est d'accélérer la cicatrisation du site à 8 semaines par son caractère autogène. (27)
- La seconde couche est constituée d'os xénogène (Bio-Oss® par exemple) et recouvre la sous-couche constituée d'os autogène pour augmenter les contours alvéolaire, permettant le maintien à long terme du volume alvéolaire. (27)

Une membrane jouant le rôle de barrière recouvre le site, permettant la stabilité et le maintien en place du substitut osseux. (27)

Cette technique offre de bons résultats esthétiques, diminue le risque de récessions gingivales, et assure bonne stabilité à long terme de la paroi vestibulaire qui reste intacte chez 95% des patients. (27)

2. Indications

- Comblement de l'espace entre l'implant et les parois de l'alvéole, lorsque les parois de la cavité ont pu être endommagées par le geste même de l'avulsion ou par des processus inflammatoires déjà existants
- Comblement de l'alvéole post-extractionnelle
- Présence de déhiscence ou de fenestration péri-implantaire
- Gestion des défauts osseux ne permettant pas le positionnement de l'implant selon les règles anatomiques ou dans l'axe prothétique (13)(28)

3. Avantages/inconvénients de la technique

3.1. Avantages

- Technique simple et accessible
- Possibilité de reconstruire des volumes horizontaux et verticaux, donc reconstructions possibles dans les trois dimensions de l'espace (7)
- Un seul site opératoire, ce qui implique
 - o Une certaine rapidité de l'intervention
 - o De meilleures suites opératoires pour le patient
- Technique utilisable lors d'une extraction-implantation immédiate
- Possibilité d'associer cette technique de ROG à d'autres types de greffes, donc technique utilisable dans de nombreux cas (7)
- Cette technique permet la régénération d'un défaut osseux apparu lors de la pose de l'implant, tout en maintenant l'architecture à la fois des tissus mous et des tissus durs. (17)

3.2. Inconvénients

- Tassement du biomatériau afin d'obtenir une reconstruction suffisamment compacte et adhérente pour permettre sa bonne cicatrisation et éviter une résorption osseuse suite à l'intervention
- Placement correct de la membrane pour isoler au mieux les particules de biomatériau de la gencive
- La réalisation de sutures étanches et sans tensions pour éviter la fuite de biomatériau au moment de la suture
- Il a été montré qu'il apparaît une plus grande diminution de la crête suite à une intervention avec lambeau plutôt que sans. (26)

4. Complications

Du fait de son caractère très peu invasif, peu de complications sont décrites pour cette technique. Les principales complications sont plutôt post-opératoires ; à savoir :

- Une infection au niveau du site opératoire (11)
- Une exposition de la membrane (11)
- L'échec de la greffe osseuse avec non-intégration de la ROG et éventuellement exposition de l'implant ou des premières spires au niveau du col implantaire. Une perte osseuse se manifeste dans 14% des cas. (22)

Concernant l'exposition ou l'infection de la membrane, elle est observée dans 5% des cas lorsqu'il s'agit d'une membrane résorbable et dans 20% des cas pour les membranes non résorbables. (29)

Une exposition du site opératoire dû à une couverture insuffisante du site ou à une récession gingivale est le plus souvent observée lorsqu'une membrane non résorbable est utilisée. (14)

5. Pronostic

La régénération osseuse guidée combinée à la pose simultanée de l'implant est une technique fiable (15). En effet, la plupart des études montrent un taux de succès d'ostéointégration proche de 100% avec un taux de réussite de la greffe compris entre 80 et 100% (30).

Le taux de réussite de greffe par ROG est diminué par rapport au taux de survie implantaire par le fait que cette technique est réalisable sur tous types de défauts osseux, de faible à sévère, mais aussi pour tout type d'augmentation osseuse, verticale comme horizontale.

Une correction complète du défaut osseux se produit dans 60 à 70% des cas, mais il faut prendre en compte que pour les défauts osseux sévères, on observe un taux de 0% de correction complète, avec néanmoins 90% d'amélioration partielle donc seulement 10% d'échec. Les défauts verticaux faibles et modérés présentent quant à eux un taux de correction complète respectivement de 100% et 79,3%. (22)(31)

Considérant la réussite de la greffe par la stabilité du volume osseux greffé sans perte osseuse post-opératoire significative, on observe un taux de succès de 95-100%. (27) En somme, on ne peut que constater un très bon pronostic de cette technique de greffe osseuse avec des résultats prévisibles concernant la stabilité à long-terme du traitement. (32)

C. La carotte osseuse

1. Description de la technique

1.1. Principes généraux

La technique d'augmentation du volume osseux par carotte osseuse est une technique de greffe osseuse autogène « mini-invasive » qui semble présenter de nombreux avantages.

Il s'agit de prélever une carotte osseuse à l'endroit où l'implant sera posé, et d'utiliser cette carotte prélevée pour réaliser un renfort osseux lorsque des spires de l'implant sont apparentes. (33)

Son domaine d'indication se situe au niveau des défaut osseux faibles et permet de combler des défauts transversaux.

Une condition reste indispensable : la crête alvéolaire doit être suffisamment large pour permettre la pose de l'implant avec un rempart alvéolaire suffisant autour du col de l'implant. (34)

1.2. Mécanismes de la greffe de carotte osseuse

1.2.1. Rôle de la carotte osseuse

La carotte osseuse est utilisée comme un renfort osseux rigide afin de recréer le rempart alvéolaire autour de l'implant. Elle permet de combler le défaut osseux transversal.

1.2.2. Rôle des vis d'ostéosynthèse

Les vis d'ostéosynthèse sont positionnées contre la carotte osseuse, parallèlement à l'implant. Elles sont visées dans l'os basal, de manière à être stables et à stabiliser la carotte afin qu'elle ne bouge pas.

Leur présence et leur bon positionnement sont indispensables à la stabilité primaire du greffon et donc à la réussite de la greffe.

Leur dépose sera réalisée lors de la réouverture au moment de la mise en condition tissulaire, lorsque la cicatrisation osseuse du site sera complète.

S'il n'est pas nécessaire de les retirer, elle peuvent être laissées en place sur le site.

1.3. Protocole opératoire

1.3.1. Anesthésie, incision et lambeau

Les premières étapes seront similaires à la pose d'un implant dans des conditions classiques. Une anesthésie locale sera administrée au niveau du site à planter.

Une incision au milieu de la crête alvéolaire sera réalisée avec éventuellement des incisions de décharge vestibulaires.

La levée du lambeau muco-périosté de pleine épaisseur sera réalisée afin d'avoir un accès suffisant au site à planter.

1.3.2. Prélèvement de la carotte

1.3.2.1. Forage de la carotte

Le prélèvement de la carotte osseuse sera réalisée à l'aide d'un foret creux appelé trépan. Ce trépan est un instrument creux servant à délimiter un « noyau osseux » aussi nommé « carotte osseuse ».

On retrouve cet instrument sous 2 tailles :

- Présentant un diamètre externe de 3,5 mm et un diamètre interne de 2,5 mm.
- Ou un diamètre externe de 3,1 mm et diamètre interne de 2,1 mm.

Ainsi, ils permettent d'obtenir des carottes osseuses d'un diamètre de 2,5 ou 2,1 mm.



Figure 7 : Photographies du foret trépan utilisé pour réaliser une carotte osseuse (34)(35)

Le trépan va être utilisé comme le premier instrument de forage, à l'endroit où l'on souhaite poser l'implant. Donc à la place de réaliser un forage implantaire classique, on utilise ce foret creux sur une longueur correspondant à la longueur de préparation du lit implantaire.

L'utilisation de ce foret nécessite la présence d'une irrigation externe et interne, pour ne pas échauffer l'os, car la partie travaillante de l'instrument est agressive.

Pour ne pas déraper au contact de l'os, le trépan est d'abord utilisé à une grande vitesse de rotation (2000 tours/min). Une fois le pointage du trépan réalisé, la vitesse est réduite pour ne pas échauffer l'os. (34)

1.3.2.2. Récupération de la carotte

Lorsque le passage du trépan a été réalisé, il sera nécessaire de récupérer la carotte osseuse entière.

Deux situations peuvent se produire :

- Soit la carotte vient avec le trépan lors du retrait de l'instrument. Une aiguille fine sera alors introduite à la place de l'irrigation interne (cela peut être une sonde fine également), et poussera la carotte hors du trépan. (33)
- Si la carotte reste en place dans le lit implantaire, il s'agira alors de récupérer la carotte à l'aide d'un instrument spécifique : un ostéotome permettant de recueillir la carotte osseuse. (34)



Figure 8 : Photographie d'un ostéotome permettant de recueillir la carotte osseuse. (36)

Cet instrument s'utilise comme un élévateur, en s'insinuant progressivement dans l'espace laissé vacant par le trépan (l'espace vide entre la carotte et l'os). Il va d'abord fracturer la carotte osseuse dans sa partie apicale puis tel un élévateur permettra de faire remonter la carotte et ainsi la récupérer.

1.3.2.3. Pose de l'implant

La séquence de forage classique est ensuite réalisée, en passant les forets de diamètre croissant jusqu'au diamètre du futur implant. Les forets sont passés sans irrigation et à basse vitesse, permettant la récupération de l'os particulé sans échauffement de l'os. Le forage terminal sera passé avec irrigation pour ne pas échauffer l'os. (33)

Après chaque passage de foret, l'os du forage présent entre les spires des forets sera récupéré et conservé dans un godet.



Figure 9 : Photographie illustrant la récupération de l'os du forage lors des passages de forets implantaire (Dr. Jean-Martin Offerlé)

Une fois que tous les forets sont passés, l'implant sera vissé dans le lit implantaire.

1.3.2.4. Greffe

1.3.2.4.1. Greffe de la carotte osseuse

Le contexte clinique est le suivant : l'implant est positionné sur le site mais des spires restent apparentes au niveau du défaut osseux.

La carotte osseuse récoltée sera positionnée au contact des spires apparentes pour redonner au rempart osseux entourant l'implant un volume suffisant. La carotte osseuse sera positionnée et stabilisée au contact de l'implant par des vis d'ostéosynthèse ou « minivis ».

Ces vis seront insérées parallèlement à l'implant et doivent stabiliser la carotte contre l'implant. Il est nécessaire que la carotte soit immobile pour permettre sa bonne cicatrisation sur le site.

Les vis d'ostéosynthèse sont manipulées et insérées dans l'os à l'aide d'un tournevis spécifique permettant la préhension correcte de ces vis.

Une fois la carotte stabilisée par les minivis, l'os autogène récupéré est disposé pour combler tous les espaces laissés vacants par la carotte. (37)

Si la quantité d'os autogène récupérée lors du passage des forets ne suffit pas à couvrir le défaut osseux, de l'os autogène peut aussi être collecté autour du site à l'aide d'un collecteur à os aussi appelé SafeScraper®.

Il s'agit d'un instrument dont l'extrémité tranchante permet de gratter l'os et de récupérer les particules osseuses.



Figure 10 : Photographies d'un collecteur d'os SafeScraper® (38)

1.3.2.4.2. Les vis d'ostéosynthèse

Les vis d'ostéosynthèse utilisées peuvent être de 2 types : en titane ou résorbables.

1.3.2.4.2.1. Les vis en titane

Les vis en titane peuvent rester en place si elles ont un intérêt (maintien des tissus mous par exemple). Dans certains cas, il est nécessaire de les retirer 3 à 4 mois après l'intervention, au moment de la mise en condition tissulaire.

1.3.2.4.2.2. Les vis résorbables

Les vis résorbables ne nécessitent pas de ré-intervention mais semblent présenter quelques inconvénients.

D'après certaines études cliniques, les vis résorbables peuvent se fracturer lors de leur insertion, et peuvent entraîner des complications post-opératoires comme des gonflements sous-muqueux ou des érythèmes. (39)

D'autres études également ont constaté que les vis résorbables faites en PDLLA (poly (D-L-lactide acid) sont encore présentes 9 mois après la chirurgie. (40)

De plus, elles peuvent entraîner une résorption osseuse locale, certes microscopique, mais pouvant néanmoins interférer avec l'implant et rallongeant son temps d'ostéointégration. (40)

A priori, il serait préférable d'utiliser des vis en titane que des vis résorbables, cependant un grand nombre de biais peuvent fausser ces conclusions.

1.3.2.5. Repositionnement du lambeau et sutures

Le lambeau sera repositionné sans tension. Si l'on ne parvient pas à repositionner le lambeau sur toute la hauteur du site sans tension, il faudra alors réaliser une incision périostée dans le lambeau. Cela offrira la laxité nécessaire au lambeau pour recouvrir l'ensemble du site sans tension.

Les sutures seront réalisées sans tension également, pour stabiliser le lambeau et permettre la bonne cicatrisation du site.



(a)



(d)



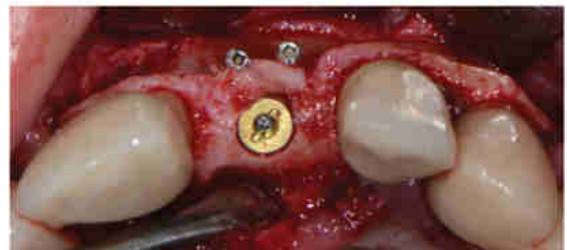
(b)



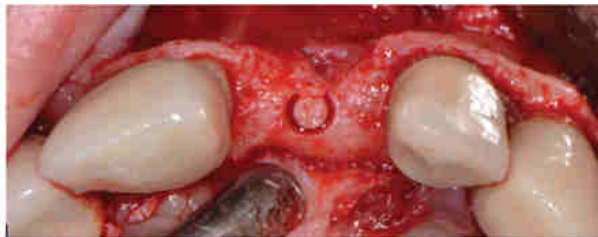
(e)



(c)



(f)



(g)

Figure 11 : Photographies illustrant les différentes étapes de la technique de la carotte osseuse

(a) Situation initiale (b) Incision et levée du lambeau (c) Forage de la carotte osseuse (d) Récupération de la carotte osseuse à l'aide de l'ostéotome (e) Positionnement de l'implant par la réalisation des forages implantaires (f) Stabilisation de la carotte osseuse à l'aide de vis d'ostéosynthèse après insertion de l'implant (g) Comblement des espaces vacants par l'os autogène récupéré lors du forage

1.4. Variantes de la technique

La technique de greffe de carotte osseuse ne présente pas de variantes. En revanche, on peut l'associer à d'autres techniques chirurgicales comme la greffe de tissu conjonctif libre ou le soulèvement de sinus que nous détaillerons dans la 3^{ème} partie.

2. Indications

La technique de la carotte osseuse permet de combler des défauts osseux faibles horizontaux.

La crête alvéolaire initiale doit être suffisamment large pour permettre la pose de l'implant sur le site.

3. Avantages et inconvénients de la technique

3.1. Avantages

- Méthode simple et sûre
- Technique prévisible
- Pose de l'implant peut se faire simultanément au renforcement osseux
- Ne nécessite pas d'un deuxième site opératoire pour récupérer le greffon
- Technique très peu invasive
- Durée de l'intervention diminuée par rapport à une greffe d'apposition
- Greffe osseuse autogène : c'est le « gold standard » et de ce fait on peut espérer une cicatrisation osseuse optimale par les propriétés d'ostéoinduction, ostéoconduction et ostéogenèse de la greffe. (29)
- Permet de s'affranchir de l'utilisation de membrane ou de biomatériau : diminution du coût pour le patient et du risque d'allergies (37)
- Un espace de 6mm entre les 2 dents bordant l'édentement est suffisant, permettant de conserver une bonne vascularisation sur le site, à l'origine de la cicatrisation de la greffe osseuse. (33)
- Suites opératoires peu douloureuses

Il s'agit d'une technique pouvant trouver son indication au quotidien, lors de la pose d'un implant sans nécessité d'augmentation osseuse préalable.

Parfois, malgré une épaisseur osseuse suffisante ne nécessitant pas de greffe préalable, la pose de l'implant selon l'axe prothétique dévie l'axe d'implantation « idéal » et ne permet pas forcément la pose de l'implant dans les contours osseux.

Pour prévenir cela, la technique de la carotte peut être facilement réalisée. (33)

3.2. Inconvénients

- Domaine d'indication assez restreint
- En cas de défaut vertical : privilégier une autre technique (anneau osseux par exemple)
- En cas de défaut horizontal trop important : privilégier également une autre technique (par exemple l'expansion de crête)
- Ne peut pas être réalisée lors d'une extraction-implantation immédiate
- Assez peu de recul clinique

Même si cette technique ne fait pas partie des technique de greffe les plus complexes, elle reste néanmoins délicate à plusieurs étapes.

- Au moment du forage de la carotte avec le trépan, il faudra prêter grande attention à ne pas déraiper au contact de l'os. La forme de l'instrument rendant le forage plus complexe qu'avec un foret implantaire classique.
- La récupération de la carotte entière est nécessaire à son bon positionnement et à la réussite de la greffe. En effet, si la carotte se fragmente en 2, son positionnement contre l'implant et sa stabilité risquent de ne pas être assurés.
- Le positionnement de la carotte doit être effectué de manière à combler le défaut osseux et recréer le contour alvéolaire. De son placement dépend le volume osseux final après cicatrisation.
- La stabilisation de la carotte par les vis d'ostéosynthèses est la dernière étape délicate du protocole. Les vis doivent être stables elles-mêmes tout en stabilisant la carotte. Le choix de leur placement est crucial, mais devra être réalisé selon les conditions du site opératoire, ne permettant pas toujours leur positionnement idéal.

4. Complications

- Apparition de complications mineures chez un très faible pourcentage des personnes greffées par cette technique (1,5 %), seulement chez des fumeurs (33)
- Exposition des vis d'ostéosynthèse dans 4,4% des cas à 1-3 mois post-opératoires, sans conséquences sur la greffe osseuse (33)
- Exposition de la carotte osseuse
- Légère résorption osseuse lorsque la carotte n'est pas greffée dans le contour osseux mais à l'extérieur (33)

5. Pronostic

D'après l'étude de F. Khoury et R. Doliveux réalisée sur 5 ans et comprenant 223 sites implantés avec une greffe de carotte osseuse, on a pu constater un taux d'ostéointégration de 100% et un taux de survie implantaire de 100%. Le pronostic à long terme de cette technique semble donc excellent. (33)

D. L'anneau osseux « bone ring »

1. Description de la technique

1.1. Principes généraux

Cette technique d'augmentation osseuse par greffe autogène a été introduite par *Giesenhagen et al.* en 2006 (41)(42) pour combler des alvéoles sévèrement défectueuses dans les trois dimensions. (43)

Il s'agit de réaliser un prélèvement osseux circulaire au niveau de la symphyse mentonnière à l'aide d'un trépan. Puis un forage central sur le cercle le transformera en anneau.

Cet anneau, une fois réalisé, sera prélevé puis amené au site implantaire comprenant le défaut. (44)

On aura alors un bloc cortico-spongieux autogène qui augmentera le volume dans les trois dimensions. (44)

L'implant sera enfin vissé à travers l'anneau, le complexe anneau osseux-implant étant stabilisé par l'ancrage primaire de l'implant dans l'os, au niveau de sa partie apicale. (44)

1.2. Mécanismes de la greffe d'anneau osseux

1.2.1. Rôle de l'anneau osseux

L'anneau osseux permet la reconstitution en trois dimensions du défaut osseux. Il correspond au corps de la greffe et prend le rôle de rempart osseux tout autour du col de l'implant.

1.2.2. Rôle de l'implant

L'implant est le stabilisateur de la greffe. Il permet de maintenir en place l'anneau osseux et lui apporte la stabilité nécessaire à sa bonne cicatrisation par son ancrage primaire apical dans l'os. L'implant dentaire jouant ainsi un rôle de vis d'ostéosynthèse.

1.3. Protocole opératoire

1.3.1. Prélèvement de l'anneau

La zone préférentielle de prélèvement de l'anneau osseux se situe au niveau de la zone mentonnière en secteur parasymphysaire.

1.3.1.1. Anesthésie, incision, lambeau

Une anesthésie locale sera réalisée au niveau de la région mentonnière, en regard des incisives et canines mandibulaires.

Ensuite, une incision est réalisée permettant l'accès au site du prélèvement. Cette incision se fait en général de canine à canine, et peut être sulculaire ou festonnée.

- L'incision sulculaire est une incision horizontale réalisée dans le sulcus des dents mandibulaires. Deux incisions de décharge verticales de part et d'autre de l'incision principale seront réalisées.
- L'incision festonnée est réalisée à minimum 3 mm du sulcus des dents mandibulaires, permettant la conservation de la gencive attachée et diminuant ainsi le risque de récession gingivale. Ce type d'incision est également plus esthétique. Si la hauteur de gencive attachée est trop faible (inférieure à 5 mm), il est préférable de décaler l'incision au niveau de la muqueuse alvéolaire.

Enfin, un lambeau d'épaisseur totale est levé, avec préservation partielle de l'attache musculaire. (45)

1.3.1.2. Prélèvement du greffon

1.3.1.2.1. *Choix du site et du trépan*

Le trépan utilisé pour prélever le greffon sera choisi en fonction du diamètre du défaut osseux sur le futur site implanté. Le diamètre du trépan doit être légèrement plus grand que le diamètre du défaut osseux. (43)

Conformément à la littérature, le trépan doit être réalisé :

- à une distance minimale de 5 à 8 mm de l'apex des dents mandibulaires, réduisant de 75% le risque de lésions nerveuses (46)
- 5 mm en avant du foramen mentonnier (47)
- 5 mm au-dessus de la base du menton (46)
- sur une profondeur maximale de 4 mm (46)

1.3.1.2.2. Réalisation et prélèvement de l'anneau

Une fois les repères pris, le forage à l'aide du trépan est réalisé à une vitesse de 2000 à 3000 tours/minute, créant ce qu'on appelle un disque osseux.

Un forage au centre de ce disque devra être réalisé afin de transformer le disque en anneau.

Le diamètre du forage central correspond au diamètre du futur implant.

Ainsi, la séquence de forage implantaire classique sera réalisée au centre du cercle, avec des forets de diamètres croissants jusqu'au diamètre de l'implant.

Il sera nécessaire de préserver au minimum 2 mm d'os intact autour du forage central, afin de ne pas fragiliser l'anneau. (45)

Les dimensions de l'anneau sont les suivantes :

- Le diamètre externe correspond au diamètre de l'alvéole
- Le diamètre interne correspond au diamètre de l'implant (43)

Une fois l'anneau réalisé, on peut repasser le trépan sur les contours de l'anneau. Si l'anneau ne vient pas avec le trépan, on peut le prélever à l'aide d'une précelle. Il est alors stocké dans une cupule remplie de sérum physiologique jusqu'à la greffe. (45)

1.3.1.3. Repositionnement du lambeau et sutures

Le lambeau mentonnier est repositionné et des sutures hermétiques sans tensions sont réalisées permettant la bonne cicatrisation du site donneur.

Il est possible de réaliser un bandage compressif au niveau du menton à la fin de l'intervention, permettant de minimiser l'œdème post-opératoire. (44)

1.3.1.4. Complications liées au prélèvement mentonnier

- Paresthésie temporaire ou définitive du nerf mentonnier
- Perte de sensibilité des incisives mandibulaires (40% en post-opératoire mais 8% seulement ont une perte de sensibilité persistante après plusieurs mois)(46)
- Perte de vitalité des incisives mandibulaires avec sensation de « dent de bois »
- Ptose de la lèvre inférieure (due au relâchement du muscle mentonnier)
- Mauvaise cicatrisation : plaie visible (43)

1.3.2. Greffe de l'anneau osseux

1.3.2.1. Anesthésie, incision, lambeau

Une anesthésie locale sera réalisée autour du site à planter.

Une incision au sommet de la crête alvéolaire est réalisée, avec deux incisions de décharge vestibulaires. (43)

La levée du lambeau muco-périosté de pleine épaisseur sera réalisée en vestibulaire et palatin/lingual, le but étant d'avoir un large accès à l'os et au défaut osseux. (45)

1.3.2.2. Greffe et pose implantaire

En premier lieu, la séquence de forage implantaire est réalisée en lieu et place du futur implant, selon la planification implantaire initiale. L'os particulé issu du forage est récupéré pour combler les éventuels espaces vides.

Puis l'anneau prélevé sera positionné au sein du défaut osseux sur le site receveur. Des ajustements peuvent encore être réalisés pour que l'anneau s'insère parfaitement au sein du défaut. (44)

L'anneau sera positionné 1 à 2 mm au-dessus des parois osseuses adjacentes à l'édentement.

Une fois l'anneau en place, le dernier foret implantaire est passé puis l'implant est vissé au travers de l'anneau et recouvert par sa vis de couverture. Certains fabricants ont développé des vis de couverture large prenant appui sur l'anneau osseux et permettant de la stabiliser. (45)

Les bords périphériques de l'anneau seront arrondis et adoucis, évitant ainsi un déchirement des tissus mous. (44)(45)(43)

La stabilité du complexe anneau osseux-implant est primordiale, et sera conférée par l'ancrage primaire de l'implant dans l'os au niveau de sa partie apicale. (43)

1.3.2.3. Repositionnement du lambeau et sutures

Le lambeau est repositionné sur le site, et des sutures sans tensions sont réalisées pour fermer hermétiquement le site greffé.

1.3.3. Utilisation d'une membrane

Des auteurs ont pensé que l'utilisation d'une membrane permettrait de favoriser la cicatrisation de la greffe d'anneau osseux.

Néanmoins, des études ont montré qu'il n'y avait pas d'avantage significatif à positionner une membrane sur le site. (48)

1.4. Variantes de la technique

1.4.1. Extraction – implantation – greffe en un temps

Cette technique de greffe par anneau osseux a la particularité de permettre l'extraction-implantation et greffe immédiate, dans le même temps opératoire.

La dent est retirée, l'alvéole soigneusement curetée pour enlever tous les tissus de granulation, puis la greffe par anneau comme vu précédemment est réalisée.

Les dents seront avulsées de façon atraumatique pour ne pas engendrer plus de défaut osseux qu'au départ. (44)

1.4.2. Technique en 2 temps

1.4.2.1. Principes de la technique en 2 temps

La technique de l'anneau osseux a été expérimentée en 2 temps. La greffe osseuse est d'abord réalisée, puis après un temps de 6 mois de cicatrisation osseuse, l'implant sera posé. (49)

1.4.2.2. Intérêts par rapport à la technique en un temps

Les intérêts de la technique semblent être faibles. En plus de devoir réaliser 2 temps opératoires et de rallonger la durée du traitement, il semblerait qu'elle n'apporte pas d'avantages significatifs.

En effet, d'après certaines études :

- Le volume osseux final serait plus important lorsque la greffe est réalisée en un temps opératoire (50)
- La quantité d'os cortical du greffon serait également plus importante (50)
- L'ostéointégration de l'implant semblerait identique dans les deux techniques (51)

1.4.3. Allogreffe et greffe de matériau alloplastique

Une alternative de greffe d'un anneau osseux allogénique a été proposée. Le matériau utilisé pour fabriquer l'anneau est du FDBA (Freeze-Dried Bone Allograft). (52)(53)

Le but est principalement de diminuer le caractère invasif de l'intervention en n'ayant qu'un seul site opératoire. Les avantages seront la diminution de la durée de l'intervention et un confort supplémentaire pour le patient du fait d'un seul site opératoire. En revanche, l'inconvénient est un coût plus important. (53)

Initialement, la technique de l'anneau osseux allogénique se déroule en 2 temps opératoires. La première étape correspond à la greffe de l'anneau qui sera fixé sur le défaut osseux à l'aide de vis d'ostéosynthèse. Le deuxième temps opératoire correspondant à la dépose des vis d'ostéosynthèse et à la pose de l'implant à travers l'anneau. (52)

En 2018, *Giesenhausen et al.* ont expérimenté la technique de greffe d'anneau osseux allogénique dans le même temps opératoire que la pose de l'implant. (52)

Des greffes d'anneaux formés à partir de substituts osseux en céramique biphasique ont également été expérimentées. (54)

Jinno et al. (54) ont réalisé une étude permettant la comparaison des 3 types de matériaux :

- Anneau autogène
- Anneau allogénique d'os bovin
- Anneau alloplastique en céramique biphasique

On a pu constater que la greffe osseuse autogène maintient un volume significativement supérieur aux deux autres types de greffes. Cela confirme le précepte que la greffe autogène est considérée comme le gold standard des greffes osseuses. (54)

En revanche, le taux de complications serait plus élevé dans le cas de greffes autogènes du fait du caractère invasif et traumatisant du site de prélèvement de l'anneau osseux. (55)

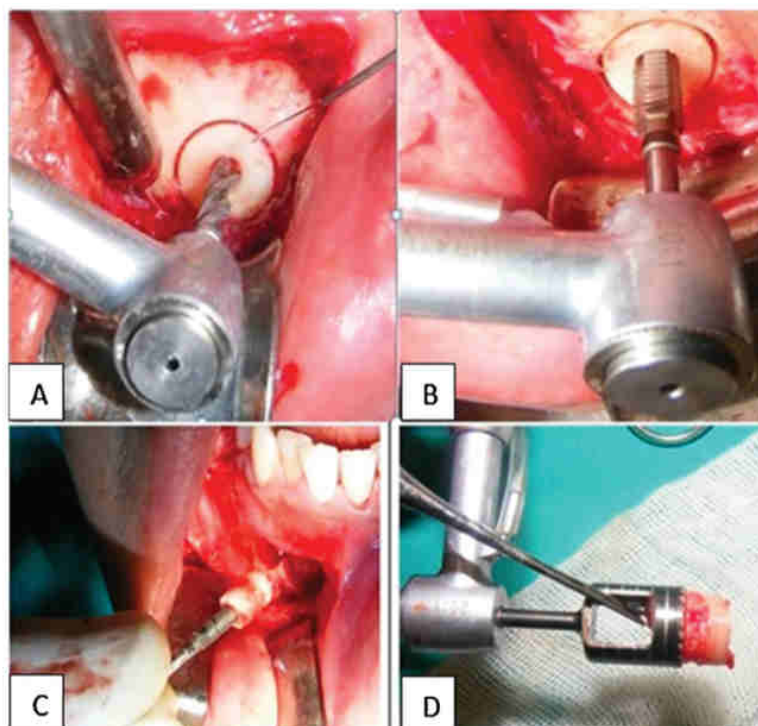


Figure 12 : Photographies des étapes de la technique de greffe d'anneau osseux (45)

(A) Réalisation de l'anneau osseux par forage central, transformant le cercle en anneau (B) Forage terminal et fin de la réalisation de l'anneau osseux (C) Prélèvement de l'anneau osseux une fois réalisé (D) Prélèvement de l'anneau osseux par le trépan

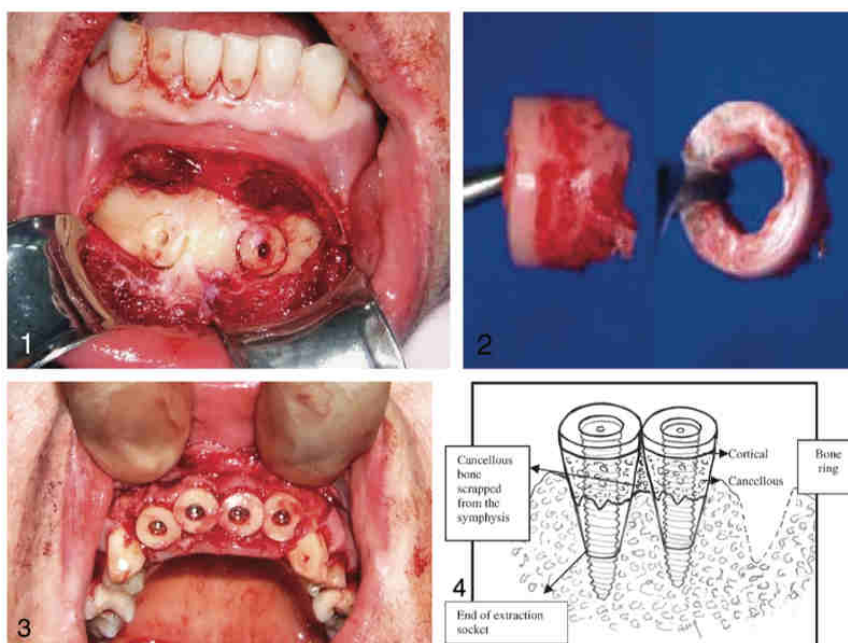


Figure 13 : Photographies des étapes de la technique de greffe d'anneau osseux (44)

(1) Réalisation d'anneau osseux au niveau de la symphyse mentonnière (2) Photographies de l'anneau osseux après prélèvement (3) Greffe des anneaux osseux sur le site implantaire (4) Schéma d'une greffe d'anneau osseux

2. Indications

- Défauts unitaires ou pluraux (dans le cas d'un défaut plural, un anneau par implant et donc par défaut osseux est nécessaire)
- Alvéoles sévèrement défectueuses
- Augmentation osseuse verticale. La technique n'est pas appropriée pour les défauts horizontaux
- Permet la technique d'extraction-implantation et greffe dans le même temps opératoire (42)
- Peut être utilisée dans le cas de greffe osseuse associée à une élévation du plancher sinusien (42)

3. Avantages et inconvénients de la technique

3.1. Avantages

- Greffe osseuse autogène donc cicatrisation optimale grâce à l'ostéogenèse, ostéoinduction et ostéoconduction (54)
- Technique possible dans le même temps que l'extraction et implantation immédiate, donc un seul temps opératoire (43)
- Durée de l'intervention diminuée en comparaison à une greffe en onlay (44)
- Augmentation osseuse tridimensionnelle : permet de combler des défauts osseux plus importants que pour les autres techniques (45)
- Permet de s'affranchir de l'utilisation de vis d'ostéosynthèse (42)

3.2. Inconvénients

En cas de greffe d'anneau autogène :

- Deux sites opératoires : le site de donneur (= site de prélèvement de l'anneau) et le site receveur (= site implantaire)
- Morbidité possible du site donneur du greffon
- Temps opératoire élevé
- Gestion des tissus mous
- Résorptions imprévisibles (56)(57)(58)

- Difficultés relatives à la technique

- Lors du prélèvement de l'anneau :

Il est très important de réaliser la trépanation perpendiculairement à la corticale externe de la symphyse mentonnière, de manière à ce que l'anneau soit parfaitement cylindrique.

Il faut également s'assurer que le forage central soit situé au milieu du disque et réalisé selon le même axe que le trépan. (11)

- Lors de la greffe et de la pose implantaire :

Il faudra s'assurer de l'axe de préparation du lit implantaire. Il sera non seulement nécessaire que l'émergence de l'implant se situe dans le couloir prothétique, mais aussi que la préparation du lit implantaire soit dans l'axe de l'anneau. (45)

4. Complications de la technique

La principale complication est la déhiscence des tissus mous, c'est-à-dire l'apparition de l'anneau à travers la gencive. Le risque de survenue de ce type de complication est évalué à environ 7% (44)(43)(59)

La fermeture totale sans tension du site opératoire ainsi que des bords arrondis au niveau de l'anneau évitent la survenue de déhiscence des tissus mous. (43)

D'autres types de complications, moins fréquentes, peuvent se produire :

- L'exposition de l'anneau osseux
- Une infection du site greffé et implanté
- La résorption du greffon
- L'absence d'ostéointégration de l'implant (44)
- Le risque de fracture de l'anneau. Il reste cependant faible si la largeur de 2 mm des contours de l'anneau osseux est respectée. (45)(43)

5. Pronostic

Les études montrent un succès d'ostéointégration des implants greffés avec un anneau osseux proche de 100%, avec un taux de succès de la greffe compris entre 93 et 100%. (43)(60)(59)

Malgré des études menées sur les animaux et démontrant des résultats histologiques et histomorphométriques optimaux, la technique encore trop récente n'a pas de recul clinique suffisant pour démontrer sa fiabilité chez les humains. (42)(43)

Néanmoins, des études ont montré des résultats esthétiques raisonnables à moyen terme et un niveau de satisfaction élevé des patients greffés selon cette technique. Le pronostique semble donc favorable et encourageant pour l'avenir. (59)(60)

E. L'expansion de crête

1. Description de la technique

L'expansion de crête est une technique d'augmentation horizontale de la crête alvéolaire, associée à la pose simultanée de l'implant.

Cette technique chirurgicale appelée « split-crest technique » (SCT) a été décrite pour la première fois par *Simion et al.* en 1992. C'est ensuite en 1994 que *Scipioni et al.* vont expérimenter l'expansion de crête combinée à la pose de l'implant, dans le même temps opératoire. (61)

1.1. Principes généraux

Cette technique peut être réalisée au maxillaire comme à la mandibule, même si elle reste préférée au maxillaire car la densité osseuse plus faible du maxillaire favorise sa réalisation. (62)

Deux conditions sont indispensables à la réalisation de cette technique :

- une hauteur de crête alvéolaire suffisante afin de pouvoir placer un implant de longueur standard (entre 11 et 13 mm). La hauteur d'os disponible au départ ne pourra pas être modifiée, et devra de ce fait être suffisante. (63)(62)
- l'épaisseur minimale de crête ne doit pas être inférieure à 3-4 mm, permettant la scission des tables osseuses vestibulaires et palatines/linguales. (63)

Le positionnement correct d'un implant nécessite une épaisseur osseuse minimale de 1,5 mm en vestibulaire et en palatin. (64) Mais lorsque la crête alvéolaire est très étroite, la pose de l'implant sans technique d'augmentation osseuse est compliquée.

Dans cette technique d'expansion osseuse, il s'agira de réaliser une scission de la crête et de poser le ou les implant(s) au sein du défaut que l'on a créé. (65)(66)

Le principe étant de créer une fracture au sein de l'os, le processus de formation d'un nouvel os au niveau du défaut osseux créé sera similaire à la réparation physiologique d'une fracture osseuse. (67)

L'utilisation de substitut osseux est souvent préféré mais n'est pas obligatoire. (63)(68)

L'os se régénèrera pour combler l'espace laissé par la fracture, et les implants seront ainsi recouverts d'os sur l'ensemble de leur surface.

L'élément indispensable reste toujours la stabilité primaire de l'implant lors de son insertion au sein de la crête scindée en deux. Elle sera obtenue par l'ancrage apical de l'implant dans la partie de la crête non scindée. (68)

1.2. Mécanismes de l'expansion de crête

1.2.1. Rôle de la crête alvéolaire édentée

C'est la crête alvéolaire édentée qui offre les remparts vestibulaires et palatin ou lingual à l'implant. Elle doit avoir une hauteur suffisante pour permettre la pose de l'implant dans de bonnes conditions. En effet, une augmentation de hauteur ne sera pas possible dans cette technique de greffe. (62)

1.2.2. Rôle de l'implant

L'implant prend le rôle de mainteneur d'espace entre les deux corticales vestibulaire et palatine (ou linguale).

1.3. Protocole opératoire

1.3.1. Anesthésie

Les premières étapes seront similaires à la pose d'un implant dans des conditions classiques. Une anesthésie locale sera administrée au niveau du site à planter.

1.3.2. Incision et lambeau

Une incision crestale et des incisions de décharge en mésial et en distal du site chirurgical seront réalisées, afin de lever un lambeau muco-périosté de pleine épaisseur. (67)

La levée de ce lambeau pourra être effectuée à l'aide d'un décolleur, le décollement du lambeau se faisant jusqu'au fond du vestibule afin d'avoir un large accès au site à planter. (67)

1.3.3. Scission de la crête

1.3.3.1. Principe de création d'une fracture et sa cicatrisation

La crête alvéolaire atrophique sera séparée en deux parties par ce qu'on appelle une fracture longitudinale de Greenstick, en français « fracture en bois vert ». (64)

Il s'agit d'une fracture incomplète de l'os où une partie reste intacte et ininterrompue.

La partie intacte se situe au niveau apical du site, dans l'os basal. C'est dans cet os basal intact que l'implant sera inséré. (63)

Le tissu osseux est le seul tissu de l'organisme capable de se régénérer et de néoformer un tissu osseux sans engendrer une cicatrice. Ainsi, la cicatrisation de cette fracture créée obéira aux mêmes mécanismes que la cicatrisation simple d'une alvéole suite à une extraction. (63)

1.3.3.2. Incision d'ostéotomie

L'incision d'ostéotomie est réalisée au sommet de la crête alvéolaire.

Divers instruments peuvent être utilisés pour la réaliser :

- **Instrumentation manuelle** : ciseau à os et ostéotome. Cette technique a pour inconvénient une certaine lenteur d'exécution ainsi que l'inconfort pour le patient qui ressent les coups pour séparer l'os en deux. (67)
- **Instrumentation rotative** : disque ou fraise cylindro-conique diamantée. Le disque permettra de réaliser un trait d'incision plus fin et plus précis qu'une fraise. L'avantage est leur rapidité d'exécution, néanmoins ils sont plus difficiles à manipuler lorsque les dents adjacentes sont présentes, et présentent un risque non nul de léser les tissus mous. (68)
- **Instrumentation ultrasonique** : Piezotome monté avec un insert coupant. (64)



Figure 14 : Photographie d'inserts ultrasoniques (69)

Une incision d'ostéotomie au milieu de la crête alvéolaire est réalisée à l'aide d'inserts ultrasoniques. Ils produisent des microvibrations d'une fréquence ultrasonique de 20 à 32 kHz qui leur permet de couper les tissus durs sans abimer les tissus mous. Les inserts peuvent aller jusqu'à 12 mm de profondeur sans échauffer l'os. Ces inserts sont donc passés le long de l'incision d'ostéotomie par des mouvements doux, continus et progressifs pour approfondir l'incision jusqu'à 12 mm. (69)

Cette technique offre une grande précision et sécurité, les risques d'endommager les structures adjacentes étant diminués. Elle est moins stressante pour le patient qui ressent moins les bruits et vibrations. (68)

1.3.3.3. Expansion de l'ostéotomie

Lorsque l'incision d'ostéotomie a été réalisée, il reste à réaliser l'élargissement de l'ostéotomie, c'est-à-dire la fracture que l'on va créer dans l'os. Cette ostéotomie doit avoir une profondeur au moins égale à la longueur du ou des futur(s) implant(s).

Là aussi différents moyens techniques peuvent être utilisés pour la réaliser :

- Instrumentation manuelle :

- **Expanseurs** : il s'agit d'instruments à conicité croissante avec un bout pointu. Les expanseurs de diamètre croissant sont vissés successivement au sein de la fracture. A chaque passage d'un expanseur, l'ostéotomie sera progressivement élargie transversalement. (64)(70)(71)



Figure 15 : Photographie d'expandeurs manuels (72)

- **Ostéotomes** : ce sont des condenseurs à os. Ils s'insèrent dans l'incision d'ostéotomie puis on les fait progresser à l'aide d'un maillet à main. Leur passage augmentera progressivement la largeur de l'ostéotomie. (73)



Figure 16 : Photographie d'un ostéotome droit et coudé (74)

- **Expandeurs RHOD Rapid Horizontal Osteo-Distraction** : ce sont des instruments d'expansion de crête manuels utilisés en présence d'un os très dense. Ils s'insèrent dans l'incision d'ostéotomie, puis leur ouverture lente permettra l'expansion de l'ostéotomie sans casser la table vestibulaire. (69)



Figure 17 : Photographie d'un expenseur manuel RHOD (69)

- ***Instrumentation rotative :***

Une fois l'incision d'ostéotomie réalisée, la séquence de forets implantaires est passée sur la future position de l'implant. Le passage des différents forets de diamètres croissants entrainera l'expansion de la crête alvéolaire dans le sens transversal. (62)

- ***Instrumentation ultrasonique :***

L'instrumentation ultrasonique ne permet que l'incision d'ostéotomie mais pas son expansion.

Lorsque l'incision a été réalisée à l'aide des inserts ultrasoniques, c'est le passage des ostéotomes de diamètre croissant qui permettra l'expansion transversale de l'ostéotomie et créera ainsi l'espace adapté à recevoir le ou les implant(s). (75)(61)

1.3.4. Pose de l'implant

Suite au passage du dernier instrument d'ostéotomie utilisé, la séquence de forage implantaire est réalisée et le ou les implant(s) sont posés. (70)

Ainsi, les implants sont positionnés au sein de la fracture que l'on a créée. (64)

Il faudra choisir de préférence des implants cylindro-coniques pointus dans leur partie apicale, ces implants étant en effet plus adaptés à la technique d'expansion de crête. (70)

Le plus souvent, un matériau de comblement sera ajouté au sein de la fracture pour combler l'espace entre les 2 corticales et les implants, même si ce n'est pas obligatoire. (63)(68)

Dans le cas d'un ajout de biomatériau, le mécanisme de cicatrisation sera similaire à celui d'une ROG. (63)

1.3.5. Repositionnement du lambeau et sutures

Le lambeau vestibulaire est repositionné et suturé au lambeau palatin (ou lingual) sans tensions.

Du fait du volume osseux augmenté, si le remplacement sans exposition osseuse n'est pas possible, il faudra donner de l'élasticité au lambeau en réalisant une incision périostée au sein du lambeau. De la sorte, on peut donner plus de laxité au lambeau qui pourra alors recouvrir entièrement le site implantaire sans tensions.

Les sutures seront réalisées de part et d'autre des implants pour bien recouvrir tout le site.

1.4. Variantes de la technique

1.4.1. Volet osseux

Lors de cette technique, il s'agit de réaliser une ostéotomie horizontale comme d'ordinaire, mais on réalisera en plus deux incisions d'ostéotomies verticales en mésial et distal du site implantaire. De cette façon, on crée un « volet osseux alvéolaire à charnière supérieure ». Ce volet osseux sera stabilisé si besoin à l'aide d'une vis qui reliera les murs vestibulaire et palatin/lingual. (62)

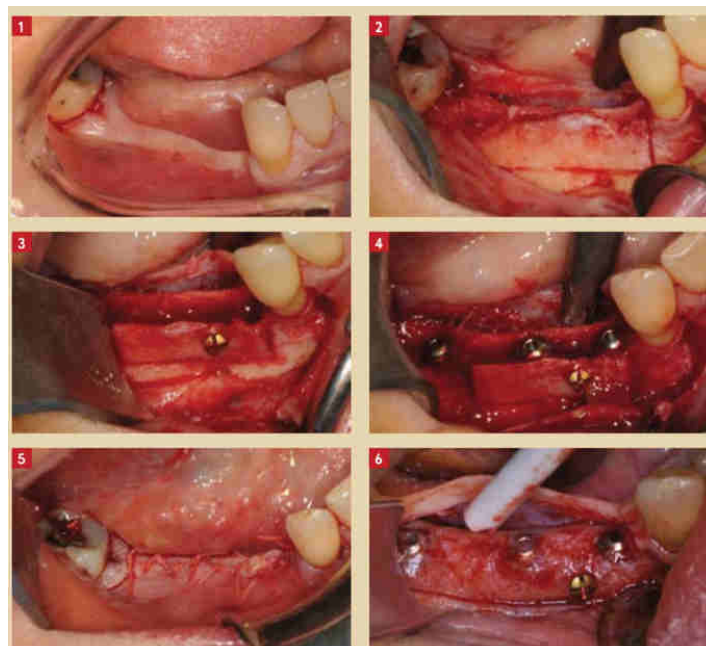


Figure 18 : Photographies illustrant les étapes d'une expansion de crête avec volet osseux sur un édentement plural. (63)

La technique du volet osseux a été également décrite sur un édentement unitaire. Cependant, son indication est limitée car difficile à réaliser sans risquer de fracturer la paroi vestibulaire. (62)



Figure 19 : Illustrations de la variante de la technique d'expansion de crête avec volet osseux sur un édentement unitaire, et placement de l'implant au sein de la crête édentée. (76)

Si une fracture complète de la paroi vestibulaire se produit, il sera possible de fixer ce bloc cortical libre à la paroi palatine/linguale par des minivis.

Dans ce cas, l'implant doit pouvoir être inséré sous le trait de fracture, permettant ainsi sa stabilité primaire. (65)

1.4.2. « Flapless » : sans lambeau

Georges Khoury en 2010 se questionnait déjà sur l'intérêt de réaliser un lambeau. Selon lui, du fait de la faible densité osseuse de l'os maxillaire, le remodelage osseux serait plus important en gardant le périoste au contact de l'os. (63)

A contrario, la mandibule est un os beaucoup plus corticalisé et donc de densité forte. L'apport du périoste est moindre qu'au maxillaire, et dans ce cas il sera plus judicieux de lever un lambeau afin d'avoir un accès large et une bonne visibilité sur le site chirurgical, et ainsi de maîtriser l'acte. (63)

Les dernières évolutions de cette technique ont été proposées en 2016 par Cortese. (77)

Le postulat de base est le même que celui énoncé plus tôt par Khoury. L'intérêt est de garder le périoste au contact de l'os. Le périoste étant l'élément nutritif car contenant de nombreux vaisseaux sanguins, la cicatrisation osseuse pourrait être meilleure.

De ce fait, on observerait peu de complications post-opératoires (douleur diminuée, absence de péri-implantite, d'infection, de gingivite ou encore de paresthésie).

Cette technique offrirait une meilleure stabilité, ainsi qu'une surface de contact élargie entre le site osseux et l'implant.

Comme son nom l'indique, aucun lambeau n'est levé lors de cette technique. L'incision muqueuse est réalisée le long de la crête, décalée légèrement en vestibulaire/lingual, mais il n'y aura pas d'incisions de décharge.

Seul un décollement léger de la crête alvéolaire en vestibulaire et palatin sera réalisé, permettant l'accès au site sans abimer la gencive par le passage des divers instruments.

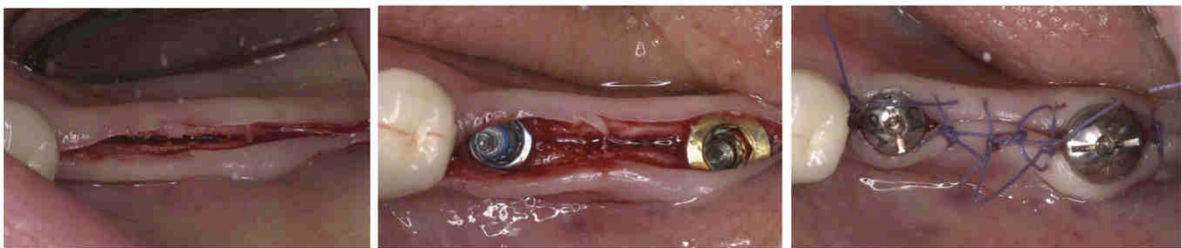


Figure 20 : Photographies d'expansion de crête sans levée de lambeau (75)

1.4.3. La pose implantaire en deux temps

Certains auteurs ont modifié la technique de scission de crête pour en faire une chirurgie en deux temps. Le premier temps sera équivalent à la procédure classique, l'ostéotomie est réalisée ainsi que la pose d'implant. Cependant, l'implant posé est un implant de diamètre étroit (entre 2,5 et 3 mm). Après une cicatrisation osseuse de 6 mois en moyenne, le site est ré-ouvert, les implants étroits déposés et remplacés par des implants de diamètres normaux (entre 3 et 4,5 mm). (68)

2. Indications

- Crêtes alvéolaires étroites (3-4 mm) (64)
- Expansion transversale uniquement (des études ont estimé une expansion osseuse moyenne de 3,35 mm pour cette technique d'expansion de crête). (65)

3. Avantages et inconvénients de la technique

3.1. Avantages

- Un seul site chirurgical pour réaliser l'augmentation osseuse (66)
- La pose des implants simultanée est adaptée à la technique : c'est donc plus confortable pour le patient de ne subir qu'une seule intervention (65)
- La technique peut être utilisée dans un cas d'édentement unitaire comme plural
- Elle est peu invasive comparée aux autres types de greffes osseuses autogènes
- Le taux de succès de cette technique d'expansion osseuse, à savoir la survie et la stabilité implantaire sont parmi les plus élevées des techniques d'augmentation osseuse. (63) (78)
- Cette technique est sûre malgré sa difficulté de réalisation

3.2. Inconvénients

- L'intervention est relativement longue
- Nécessite des compétences techniques avant de pouvoir la réaliser (61)
- La technique opératoire est compliquée, elle l'est encore plus à la mandibule qu'au maxillaire, l'os étant très dense et fragile. (65) Également, c'est une technique plus compliquée à réaliser sur un édentement unitaire que plural. (63)
- Dans la partie postérieure de la mandibule se trouve la ligne oblique externe, sa présence complique l'expansion des crêtes car c'est un obstacle anatomique à leur déplacement transversal. (68)
- On ne peut pas utiliser des implants dentaires avec pilier dans ce type de chirurgie, ils peuvent générer du stress sur l'os, empêchant ainsi sa cicatrisation. On utilisera simplement une vis de couverture sans pilier. (65)

4. Complications

4.1. Vertige paroxystique positionnel bénin (VPPB)

C'est la forme la plus courante de vertige, il est dû à un changement rapide de la position de la tête.

Physiologiquement, le système vestibulaire de l'oreille interne est le lieu où est géré l'équilibre du corps humain. Il est constitué de :

- Deux organes constitués de cils vibratiles surmontés de lourds cristaux, ils captent le mouvement linéaire de la tête.
- Trois canaux semi-circulaires remplis de liquide (endolymphe) reconnaissent le mouvement de rotation de la tête.

Lors de l'expansion de crête avec une instrumentation manuelle, un VPPB est une complication probable.

En effet, l'utilisation du maillet pour enfoncer les ostéotomes dans la fracture peut créer des petites secousses dans le crâne. On retrouvera parfois un déplacement des cristaux de calcium des cils vibratiles vers les canaux liquidiens de l'oreille interne. Un message faussé est alors envoyé au cerveau, se traduisant par une impression de tête qui tourne. Le risque d'apparition d'un VPPB lors d'une expansion de crête reste relativement faible. (79)

4.2. Fractures

Le risque de fracture lors de la réalisation de cette technique est plus élevé à la mandibule qu'au maxillaire, du fait de la densité osseuse plus élevée et d'une fragilité accrue.

Le risque principal est que le bloc vestibulaire se fracture entièrement pour n'être plus qu'un bloc cortical libre, ce qu'on appelle un volet osseux. Cela pourrait entraîner une perfusion micro-vasculaire et donc la nécrose osseuse de ce bloc avec la cicatrisation impossible du site.

Dans ce cas-là, la pose de l'implant n'est possible que s'il possède un ancrage suffisant au niveau apical, profondément sous la ligne de fracture. Le bloc vestibulaire sera alors fixé au bloc palatin par des minivis. (65)

Le taux de survenue d'une fracture au cours d'une expansion de crête est faible, de l'ordre de 7%. (80)

Lorsque le bloc osseux est stabilisé et les implants insérés avec une stabilité primaire, il semblerait que le pronostic reste bon avec un succès de la greffe et une ostéointégration de l'implant. D'autres études restent nécessaires pour affirmer ce résultat avec certitude. (65)

5. Pronostic

Le taux de survie implantaire est compris entre 96 et 99% (66), le taux de succès de la greffe est similaire, avec des valeurs comprises entre 95 et 100%. (78)(77)

Dans la majorité des cas, l'échec de la greffe est dû à une absence d'ostéointégration de l'implant. En effet, comme une fracture est créée, le processus de cicatrisation se déroulera normalement et donc le taux de succès de la greffe est quasiment toujours à 100%. En revanche, une absence d'ostéointégration de l'implant entraînera l'échec de la greffe. C'est la raison pour laquelle la stabilité primaire de l'implant est impérative pour le succès de la greffe et la survie de l'implant. (81)

Cette technique semble être une alternative intéressante aux greffes en coffrage, permettant de réduire la morbidité et le caractère invasif de la chirurgie en augmentant la sûreté de l'intervention. (78)

Les résultats des études après 2 années de suivi semblent montrer un pronostic favorable. Néanmoins, le recul clinique reste trop faible pour affirmer la totale fiabilité de ces résultats. (81)

F. Grefe autogène en coffrage

1. Description de la technique

1.1. Principes généraux

Cette technique de greffe osseuse comprend le prélèvement d'un bloc osseux autogène sur un site donneur afin de combler le défaut osseux d'un site receveur sur lequel un implant doit être posé.

Il est possible de réaliser cette greffe dans le même temps opératoire que la pose de l'implant. Néanmoins, par sécurité, cette technique est préférentiellement réalisée en deux temps opératoires. Dans ce cas, la greffe autogène en coffrage est réalisée sur le site comprenant le défaut osseux dans un premier temps opératoire. Après un temps de cicatrisation osseuse, le site est à nouveau ouvert, les vis d'ostéosynthèses sont déposées et les implants posés sur le site greffé. (82)

1.2. Mécanismes

1.2.1. Rôle du bloc autogène prélevé

Le bloc cortical autogène prélevé sera découpé en deux, dans sa longueur, à l'aide de disques. Les deux fines lamelles formeront alors les parois délimitant le nouveau volume à reconstruire, et permettent la stabilité du greffon.

Ces parois osseuses prennent le rôle d'une membrane biologique. (83)

1.2.2. Rôle du matériau de comblement

Un matériau de comblement constitue le corps de la greffe. Il est utilisé pour combler tous les espaces entre l'implant et les parois formées par le bloc cortical fixé.

Le matériau de choix utilisé est de l'os autogène sous forme d'os particulé (encore appelé chips) récolté par grattage du bloc osseux autogène à l'aide d'un collecteur d'os de type SafeScraper®.

Cet os particulé est composé d'ostéoblastes et d'ostéocytes vivants, ce qui donne à la greffe son pouvoir ostéogénique et favorise l'angiogenèse. (83)

1.3. Protocole chirurgical

1.3.1. Prélèvement du greffon

1.3.1.1. Sites de prélèvement d'os autogène

Il existe 2 sites de prélèvement d'os autogène : extra-oral et intra-oral.

- **Les prélèvements extra-oraux** proviennent de la crête iliaque, du crâne (au niveau de l'os pariétal), du tibia ou encore de la fibula. L'intervention est réalisée sous anesthésie générale. On utilise ce type de prélèvement lorsqu'un volume osseux important doit être greffé. (84)
- **Les prélèvements intra-oraux** sont principalement les prélèvements au niveau mentonnier et mandibulaire postérieur.

Le prélèvement mentonnier est réalisé au niveau de la symphyse mentonnière. Le prélèvement mandibulaire est le terme général englobant le prélèvement au niveau du ramus et de la région rétro-molaire. (85)

Il est également possible de réaliser des prélèvements intra-oraux au niveau des zones édentées, du palais dur, des tubérosités ou encore au niveau de l'os zygomatique. (85)

On a pu constater que pour une greffe osseuse avec un greffon intra-oral, la résorption verticale ainsi que le taux de péri-implantite sont plus faibles. (86)

1.3.1.1.1. Prélèvement mentonnier

1.3.1.1.1.1. Anesthésie, incision et lambeau

Les premières étapes seront similaires à la pose d'un implant dans des conditions classiques. Une anesthésie locale sera administrée au niveau du site à implanter.

Une incision horizontale de pleine épaisseur est réalisée au bistouri. Il peut s'agir, au choix : soit d'une incision sulculaire, soit d'une incision le long de la ligne muco-gingivale. Le trait d'incision part de la face distale d'une canine mandibulaire et se termine à la face distale de l'autre canine. (82)

Deux traits d'incision verticaux de pleine épaisseur sont réalisés, délimitant ainsi la zone de prélèvement.

Enfin, un lambeau de pleine épaisseur est décollé afin d'avoir un accès large au site de prélèvement. (87)

1.3.1.1.1.2. Prélèvement

Un examen radiologique tridimensionnel par Cone Beam-CT permettra de visualiser les éléments anatomiques et connaître l'épaisseur de la symphyse mentonnière.

Les limites du prélèvement sont constituées de l'apex des dents antérieures mandibulaires, de l'émergence des forams mentonniers et du bord basilaire de la mandibule. (88)

Les limites exactes varient selon les auteurs, néanmoins on peut retenir qu'il faut laisser au minimum :

- 5 mm par rapport à la partie basale de l'os mandibulaire
- 2-3 mm par rapport au foramen mentonnier
- 3 mm par rapport à l'apex des dents antérieurs mandibulaires (82)

Compte tenu de ces limites, 2 traits d'incision d'ostéotomies horizontaux et 2 traits verticaux sont réalisés, délimitant ainsi un bloc cortico-spongieux autogène de la taille souhaitée.

Les traits d'ostéotomie sont réalisés avec un piezotome, une scie circulaire ou une fraise, au choix.

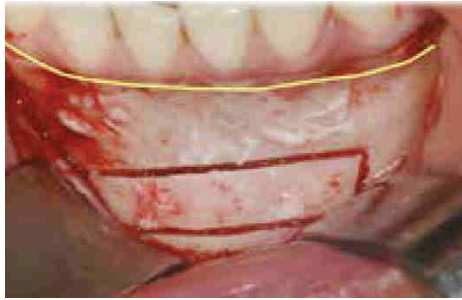


Figure 21 : Photographie des limites d'un prélèvement mentonnier (88)

Le greffon est ensuite prélevé et placé temporairement dans du sérum physiologique pour le conserver jusqu'à la greffe. (82)

Les bords tranchants du site de prélèvement peuvent être adoucis avec une fraise boule diamantée ou un collecteur d'os. Le site de prélèvement peut être comblé avec du biomatériau et recouvert par une membrane. (87)

1.3.1.1.1.3. Sutures

Des sutures sans tension sont réalisées pour refermer hermétiquement le site de prélèvement.

1.3.1.1.1.4. Indication

Cette technique est utilisée pour réaliser une greffe au niveau de la mandibule antérieure édentée (incisives mandibulaires), permettant ainsi de n'avoir qu'un seul site opératoire.

Dans le cas d'une crête antérieure édentée, s'il y a lésion du nerf incisif au moment du prélèvement, il n'y aura pas de risque d'atteinte des dents mandibulaires. (89)

1.3.1.1.1.5. Complications de la technique

- Lésion du nerf incisif (branche terminale du nerf alvéolaire inférieur), entraînant une hypoesthésie de la région labio-mentonnaire. Une paresthésie apparaît dans 10 à 50% des cas (90)(91)
- Apparition d'une cicatrice fibreuse inesthétique au niveau de l'incision lorsque l'incision est décalée. (92)

1.3.1.1.2. Prélèvement mandibulaire

Le prélèvement mandibulaire comprend le prélèvement rétro-molaire et ramique.

Le prélèvement ramique comporte un risque plus important de fracture de la mandibule et de lésion du nerf mandibulaire. Le prélèvement rétro-molaire est de ce fait privilégié. C'est celui-ci que nous décrirons ci-dessous. (93)

1.3.1.1.2.1. Anesthésie, incision et lambeau

Une anesthésie locale sera administrée au niveau du site à implanter. Une anesthésie locorégionale peut également être administrée mais il est préférable de l'éviter, cela permettant au patient de sentir l'approche du canal mandibulaire et prévenir alors le chirurgien. (83)

Une incision muqueuse est réalisée. Elle part du bord antérieur de la branche montante et suit la ligne oblique externe jusqu'à la première molaire.

Le lambeau muco-périosté de pleine épaisseur est levé jusqu'au rebord inférieur de la mandibule, afin d'avoir un accès de la face latérale du ramus jusqu'en mésial de la première molaire. (87)(94)

1.3.1.1.2.2. Prélèvement

Un examen radiologique par Cone Beam-CT peut être réalisé afin d'avoir une vision tridimensionnelle de la morphologie de l'angle mandibulaire et de la position des éléments vasculo-nerveux de la région. (93)

La délimitation du greffon est réalisée à l'aide de fraises, d'inserts ultrasoniques montés sur un piezotome, ou à l'aide d'un disque diamanté (MicroSaw® de DenstplySirona).

Il semblerait que l'utilisation du disque diamanté soit plus favorable car son tracé d'ostéotomie est plus fin qu'une fraise et permettrait alors de conserver un greffon plus volumineux. De plus, son utilisation réduirait le temps d'intervention par rapport aux inserts ultrasoniques. (93)

Trois ostéotomies vont être réalisées pour délimiter le greffon :

- 2 verticales
 - En mésial : elle est limitée par l'étendue de la ligne oblique externe au niveau des molaires
 - En distal : elle se situe en antérieur de l'insertion du temporal au niveau de la branche montante
- 1 horizontale : elle relie les 2 ostéotomies verticales sur leur partie basale

Les ostéotomies verticales mésiale et distale sont reliées dans leur partie crestale par des perforations de 3-4 mm de profondeur réalisées à l'aide d'un foret de diamètre très fin (1 mm). Ces perforations sont réalisées parallèlement au rempart osseux vestibulaire, à 5 mm de la paroi extérieure vestibulaire, et dans la prolongation de la ligne oblique externe sur la crête. (83)

Un ciseau à os permet de relier les perforations en créant une ligne de rupture. Celle-ci entraînera la libération du greffon que l'on conservera dans du sérum physiologique. Les bords du site de prélèvement sont ensuite régularisés et adoucis à l'aide d'une fraise boule diamantée ou d'un collecteur d'os (SafeScraper®). (94)

1.3.1.1.2.3. Sutures

Des sutures sans tension sont réalisées pour refermer le lambeau bord à bord au niveau du site donneur. (83)

1.3.1.1.2.4. Complications de la technique

- Paresthésie mentale temporaire. C'est une lésion du nerf alvéolaire inférieur, pouvant entraîner des troubles de sensibilité de la lèvre inférieure se révélant quelques fois irréversibles. Elle survient dans 0-5% des cas lors d'un prélèvement mandibulaire. (90)(91)
- Risque de fracture de la mandibule. C'est une complication susceptible d'apparaître lorsqu'un bloc osseux large est prélevé. Le risque est maximal à 2-3 semaines post-opératoires, c'est pourquoi une alimentation molle est conseillée dans ce cas pendant 6 semaines après l'intervention, afin de limiter au maximum ce risque. (83)

1.3.1.1.2.5. Indication

Par rapport au prélèvement mentonnier, le prélèvement mandibulaire entraîne moins de complications ainsi que de meilleures suites opératoires. C'est pourquoi il est considéré comme le site donneur de référence. (90)(91)

1.3.2. Préparation du greffon

Une fois récupéré, le greffon est coupé longitudinalement en deux fines lamelles à l'aide de disques diamantés. Les deux lamelles sont raclées à l'aide du collecteur d'os. Ceci permet de les affiner et de récupérer les particules d'os autogènes (aussi appelées chips). (94)

1.3.3. Greffe osseuse et pose implantaire

Dans le cas où le site à greffer se situe à proximité du site de prélèvement du greffon, alors un seul lambeau et un seul site chirurgical sera utilisé. Dans la plupart des cas, le site de prélèvement et le site à greffer diffèrent.

1.3.3.1. Anesthésie, incision et lambeau

Une anesthésie locale est administrée au niveau du site à greffer.

Une incision crestale est réalisée puis un lambeau de pleine épaisseur est levé afin d'avoir un accès au site du défaut osseux.

1.3.3.2. Greffe osseuse

Les lamelles sont positionnées de telle sorte à reformer les parois du volume à reconstruire. Elles sont fixées et stabilisées par des vis d'ostéosynthèse.

1.3.3.3. Pose de l'implant

L'implant sera ensuite posé au sein du nouveau volume créé. Sa stabilité primaire dans l'os est indispensable à la réussite de la greffe.

Les espaces vides seront ensuite comblés par l'os particulé récupéré lors du grattage du greffon. (87)

1.3.3.4. Repositionnement du lambeau et sutures

Le lambeau doit être repositionné sans tensions et doit recouvrir le nouveau volume osseux. Des sutures sont réalisées sans tension afin de refermer hermétiquement le site.

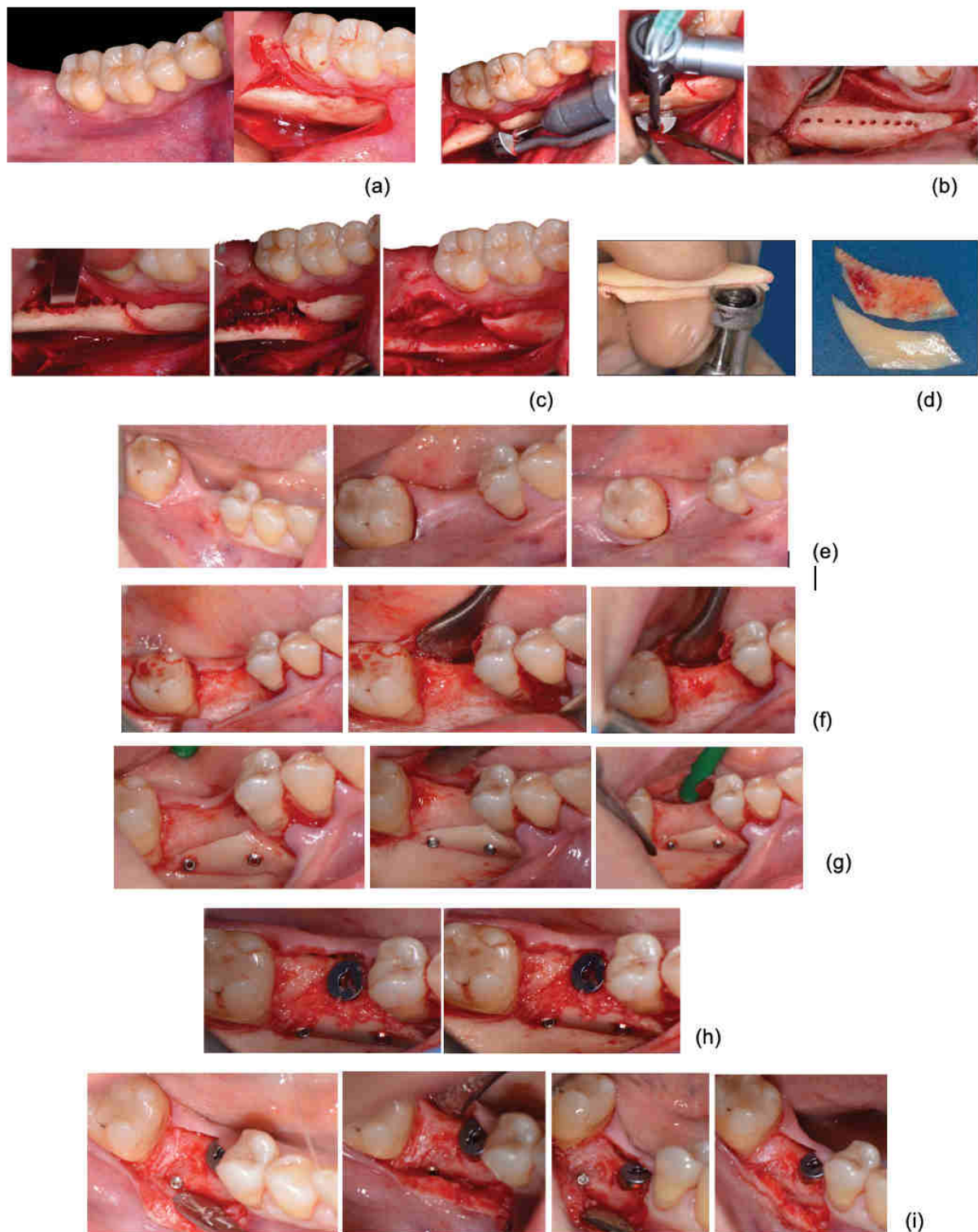


Figure 22 : Photographies des étapes d'une greffe autogène en coffrage avec prélèvement mandibulaire (Dr. Jean-Martin Offerlé)

(a) Incision et levée de lambeau (b) Ostéotomies délimitant le bloc osseux autogène (c) Fracture du bloc osseux (d) Découpe du greffon en 2 lamelles à l'aide d'un disque diamanté (83) (e) Photographies du défaut osseux avant levée de lambeau (f) Après levée de lambeau (g) Mise en place du greffon vestibulaire sur le site édenté présentant le défaut osseux, à l'aide des vis d'ostéosynthèse (h) Insertion de l'implant avec comblement des espaces vides (i) Après cicatrisation osseuse, au moment de la dépose des vis d'ostéosynthèse

2. Indications

- Correction de défauts osseux de grande étendue
- Augmentation osseuse transversale et verticale (82)

3. Avantages et inconvénients de la technique

3.1. Avantages

- En combinant la greffe de bloc autogène en coffrage et la mise en place immédiate des implants, le nombre d'interventions est diminué (82)
- Technique prévisible (88)
- Greffe osseuse autogène : gold standard des reconstructions alvéolaires (94)
- Le taux de succès et de survie des implants posés dans un os autogène greffé avec cette technique est similaire aux implants posés dans un os natif, non greffé. (92)

3.2. Inconvénients

- Technique invasive nécessitant 2 sites opératoires, donc plus de risques de complications per et post-opératoires, ainsi que de séquelles post-opératoires pour le patient
- Risque de lésions nerveuses lors du prélèvement (88). Pour le prélèvement mentonnier, un risque de paresthésie mentale temporaire est supérieur au prélèvement mandibulaire. (92)
- Temps opératoire élevé
- Les chirurgies d'augmentation verticale ont un taux de morbidité plus important que les chirurgies d'augmentation transversale. Dans ces cas-là, les implants courts peuvent être une alternative intéressante. (92)

4. Complications

On a 3 types de complications :

- Les complications immédiates (du jour de l'intervention à 15 jours post-op)
 - Hématomes et ecchymoses
 - Exposition du greffon
 - Paresthésie mentale temporaire
- Les complications secondaires (du 15^e au 60^e jour post-op)
 - Infection
- Les complications tardives
 - Pseudoarthrose : une partie ou la totalité du greffon ne s'est pas consolidé et n'est pas parfaitement intégré. Dans ce cas, ce qui n'est pas intégré doit impérativement être déposé.
 - Résorption importante. On observe toujours une légère résorption suite à une greffe, mais celle-ci ne représente que 10 à 20% du volume d'os cortical. Si la résorption est plus importante, elle peut compromettre la suite du traitement. (95)

Le taux de complications est compris entre 0 et 24%, mais comprend les complications immédiates comme tardives. (87)

Concernant la déhiscence des tissus mous entraînant une exposition du greffon, elle aurait une incidence directe sur la diminution du taux de survie implantaire. (96)

Certains auteurs ont constaté un lien entre l'apparition de complications, notamment primaires, et le tabagisme. En effet, les complications primaires sont apparues dans 80,4% des cas chez des patients fumeurs. (83)

D'autres auteurs ont constaté que non seulement le tabac mais aussi le diabète pouvaient être associés à un taux plus élevé de complications et donc d'échec des greffes. (97)

Enfin, on constaterait la survenue de complications plus importante au cours des greffes verticales que horizontales. L'exposition ou la résorption du greffon surviendrait dans 40% des cas à moyen ou long terme dans le cas d'une reconstruction osseuse verticale. (97)(94)

5. Pronostic

Le taux de succès de la greffe osseuse est compris entre 92 et 100%. Le taux de survie implantaire quant à lui est plus faible, compris entre 61 et 100%. Ce taux diminue fortement lorsque la greffe osseuse est réalisée simultanément à la pose de l'implant. Dans le cas d'une greffe osseuse en coffrage simple, suivie d'une période de cicatrisation avant implantation, ce taux de survie implantaire passe à 75-100%. (85)(87)

Également, le taux de survie implantaire est plus élevé dans le cas d'une augmentation osseuse horizontale (97-100%) que verticale (89-100%). (92)

Concernant la greffe osseuse en coffrage, le recul clinique plus important et un taux de complications plus faible lors de la greffe-implantation en 2 temps opératoires sont en faveur de cette technique. Néanmoins, le pronostic de la greffe en coffrage avec implantation immédiate semble favorable, même si d'autres études semblent nécessaires avant d'affirmer son efficacité. (87)

	ROG	CAROTTE OSSEUSE	ANNEAU OSSEUX « BONE RING »	EXPANSION OSSEUSE	GREFFE AUTOGENE EN COFFRAGE
TYPE DE GREFFE	Autogène/Hétérogène	Autogène	Autogène/Hétérogène	Autogène	Autogène
TYPE DE DÉFAUT	Unitaire/plural	Unitaire	Unitaire/plural (1 anneau par implant par défaut)	Plural	Plural
INDICATION	Tout type de défaut osseux	Défaut faible, horizontal	Alvéoles sévèrement défectueuses	Crêtes alvéolaires étroites	Défauts de grande étendue
SENS DE L'AUGMENTATION OSSEUSE	Tridimensionnelle	Horizontale	Verticale	Horizontale	Horizontale/verticale
NB DE SITES OPERATOIRES	1 site	1 site	2 sites	1 site	2 sites
CARACTÈRE INVASIF	+	+	++	++	+++
% COMPLICATIONS	Perte osseuse : 14%(22) Exposition membrane : 5-20% (30)	Exposition minivis : 4,4% (34) Complications mineures : 1,5% (34)	Déhiscence des tissus mous ≈ 7% (44)	Fracture du bloc osseux 7% (81)	0-24% (88)
% SUCCÈS	95-100% (28)	≈ 100% (34)	93-100% (60)	95-100% (78)	92-100% (86)
% SURVIE IMPLANTAIRE	90-100% (31)	≈ 100% (34)	≈ 100% (60)	96-99% (67)	61-100% (88)
RECU CLINIQUE	Important	Faible	Faible	Faible	Faible
PRONOSTIC	+	+	+	+	+

Tableau 2 : Tableau comparatif des techniques de greffes osseuses concomitantes à la pose implantaire

III. La technique de la carotte osseuse : étude rétrospective

A. Introduction

La technique de la carotte osseuse semble être une technique très prometteuse de greffe osseuse simultanée à la pose implantaire.

Elle présente de nombreux avantages ; il s'agit d'une greffe osseuse autogène, elle est très peu invasive, ne nécessite pas de grande technique opératoire, et semble reproductible dans presque tous les cas de crête édentée présentant un déficit de volume transversal. De plus, il est possible d'associer la greffe de carotte osseuse à d'autres méthodes chirurgicales comme la greffe de tissu conjonctif libre ou le soulevé de sinus. L'ensemble de ces critères semble faire de la greffe de carotte osseuse une technique de choix dans le cadre des greffes osseuses concomitantes à la pose implantaire.

Pour rappel, cette technique est indiquée dans les cas de défauts osseux faibles (3-4 mm), transversaux, lorsque quelques spires de l'implant restent apparentes après son insertion dans l'os.

Une étude rétrospective portant sur l'apport de la technique de greffe de carotte osseuse concomitante à la pose implantaire dans le cas de défauts osseux unitaires transversaux faibles a ainsi été réalisée.

B. Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude était de montrer l'intérêt de cette technique de greffe osseuse simultanée à la pose implantaire et préciser son pronostic sur le long terme.

Nous avons cherché à évaluer le gain osseux autour de l'implant avec la technique de greffe de carotte osseuse et montrer si ce gain de volume osseux reste pérenne et stable dans le temps.

C. Matériel et méthode

1. Critères d'inclusion

Tous les patients de l'exercice privé du Docteur Jean-Martin Offerlé ayant bénéficié d'une technique de greffe de carotte osseuse entre décembre 2018 et octobre 2020 ont été inclus dans l'étude. L'ensemble des patients avaient donné leur consentement éclairé et écrit pour bénéficier de cette technique et pour que les données de leur dossier puissent être utilisées à des fins scientifiques.

2. Outils

2.1. Radiographie

Au préalable de tout traitement, une radiographie panoramique a été réalisée et conservée dans le dossier du patient. Celle-ci nous permettait de visualiser l'ensemble des structures anatomiques et dentaires de la cavité buccale et des structures environnantes.

De plus, avant une intervention chirurgicale telle que la greffe osseuse ou la pose d'un implant, une radiographie Cone Beam-CT en 3 dimensions a été réalisée. Le but de ce CBCT est de quantifier le volume osseux, visualiser dans les 3 dimensions le défaut osseux et la proximité éventuelle avec des structures anatomiques nobles à préserver (canal mandibulaire, sinus maxillaire,...).

Dans cette étude, nous nous sommes servi de ces outils de diagnostic radiologiques afin d'évaluer le volume du défaut osseux :

- avant la greffe osseuse et pose de l'implant simultanée par la technique de la carotte osseuse : le CBCT nous a permis de quantifier la taille du défaut osseux
- après l'intervention lorsqu'une radiographie panoramique était réalisée pour s'assurer du bon positionnement de l'implant
- quelques mois après l'intervention lorsqu'une radiographie panoramique était réalisée lors d'un contrôle

2.2. Clinique

Cliniquement, le défaut osseux a été évalué par un examen clinique visuel et par palpation, et a également été mesuré quantitativement à l'aide d'une sonde parodontale graduée.

Dans notre étude, le volume osseux a également été étudié à l'aide de photographies pré et post-opératoires, c'est-à-dire au moment de la greffe et pose implantaire, mais aussi à 3-4 mois après l'intervention au moment du second temps chirurgical pour la dépose des minivis et la mise en condition tissulaire avec mise en place d'une vis de cicatrisation.

3. Recueil des données

Les données radiologiques, cliniques et photographiques ont été collectées après consentement des patients. Les données des patients ont été anonymisées et chaque patient est identifié par un numéro d'anonymat.

4. Paramètres analysés

- Sexe du patient
- Age du patient
- Comorbidités associées (diabète, tabagisme, hypertension)
- Site implanté
- Épaisseur de crête initiale
- Épaisseur de crête finale
- Types d'implants (Marque, diamètre, longueur)
- Nombre de vis d'ostéosynthèses utilisées par site et leur longueur
- Techniques chirurgicales associées
- Durée du suivi

5. Procédure chirurgicale

Une prémédication a été administrée au patient :

- Amoxicilline 2 g par jour en 2 prises pendant 7 jours, à commencer la veille de l'intervention,
- Solupred 60 mg par jour en une prise le matin pendant 3 jours, à commencer le jour de l'intervention.

Les étapes de réalisation de cette technique ont ensuite été réalisées comme décrites précédemment.

Une petite précision est à faire concernant les vis d'ostéosynthèse utilisées. Il s'agit de vis de la marque Stoma® (Emmingen-Liptingen, Deutschland) de diamètre 1 mm. Concernant le foret trépan utilisé pour réaliser la carotte osseuse, il s'agit d'un foret Dentsply-Sirona® (York, United States) de diamètre 3,1 mm.

D. Résultats

Les résultats concernant les paramètres analysés sur les patients inclus dans l'étude ont été répertoriés dans le tableau 3.

Entre décembre 2018 et octobre 2020, 14 site implantés ont été greffés par carotte osseuse chez 11 patients différents dont 8 hommes et 3 femmes.

Patient	Sexe	Age (en 2020)	Comorbidités	Site implanté	Épaisseur de crête initiale	Épaisseur de crête finale	Types d'implants	Nombre de vis/longueur	Techniques associées	Durée du suivi
1	H	60	Tabagisme	46	8 mm	9,3 mm	Xive® D3,8/L8	1 (8 mm)	Aucune	9 mois
	H	60	Tabagisme	47	7,9 mm	9,3 mm	Xive® D3,8/L8	1 (10 mm)	Aucune	9 mois
2	F	57	Aucune	21	7,5 mm	10,1 mm (carotte)	Xive® D3,8/L13	2 (8mm-10mm)	Grefe de tissu conjonctif libre	9 mois
3	H	66	Hypertension artérielle Angine de poitrine	43			Xive® D 3,8/L11	1 (8 mm)	Aucune	11 mois
	H	66	Hypertension artérielle Angine de poitrine	33			Xive ® D3,8/L11	2 (8mm-8mm)	Aucune	11 mois
4	H	64	Aucune	23	5,1 mm	8,8 mm	Xive® D3,8/L13	1 (10mm)	Aucune	13 mois
5	F	68	Ostéoporose	33	4,2 mm	7,2 mm	Xive® D3,8/L11	1 (8mm)	Aucune	40 mois
	F	68	Ostéoporose	13	3,9 mm	6,6 mm	Xive® D3,8/L13	3 (8mm-10mm-10mm)	Soulevé de sinus	40 mois
6	H	34	Aucune	46	6,5 mm	8 mm (carotte)	Xive® D3,8/L9,5	1 (10mm)	Aucune	14 mois
7	H	75	Aucune	35	5 mm	7,5 mm	Xive® D3,4/L9,5	1 (10mm)	Aucune	14 mois
8	H	58	Hypertension artérielle	12			Xive® D3,4/L11	1 (10mm)	Aucune	19 mois
9	H	84	Maladie de Lyme	44			Xive® D3 ,8/L11	1 (8mm)	Aucune	5 mois
10	H	81	Ostéoporose Insuffisance respiratoire	35	5,1 mm	7,7 mm (carotte)	Xive® D3,4/L11	2 (8mm-10mm)	Aucune	11 mois
11	F	46	Hypertension artérielle Cancer du sein	21	5,7 mm		Xive® D3,8/L13	1 (10mm)	Aucune	9 mois

Tableau 3 : Tableau des résultats des paramètres analysés

Concernant le profil des patients greffés par carotte osseuse :

- 8/11 sont de sexe masculin (73%)
- La moyenne d'âge est de 63 ans
- 7/11 sont porteurs de comorbidités (64%), la pathologie la plus présente étant l'hypertension artérielle qui atteint 3 patients sur les 11 (27%)

Concernant les sites implantés :

- 8 sites sur 14 correspondent au secteur incisivo-canin (57%)
- 6 sites sur 14 correspondent au secteur prémolo-molaire (43%)

Concernant le gain osseux :

- Les mesures des épaisseurs de crêtes initiales et finales ont pu être relevées sur 9 sites des 14 répertoriés au total
- Le gain osseux moyen calculé est de 2,4 mm

Concernant les vis d'ostéosynthèse utilisées :

- 1 vis a été utilisée pour stabiliser la carotte dans 10 cas sur 14 (71,5%), 2 vis ont été utilisées dans 3 cas sur 14 (21,5%), et 3 vis ont été utilisées dans 1 cas sur 14 (7%)

Le nombre de vis utilisées reste opérateur-dépendant et est à évaluer dans chaque cas en fonction de la situation clinique, du défaut osseux, et de la stabilité de la carotte osseuse selon son positionnement.

- La taille des vis utilisées est de diamètre 1mm et de longueur 8 mm ou 10 mm
9 vis sur 19 sont des vis de longueur 8 mm, donc les vis de 8 ou 10 mm sont quasiment tout autant utilisées.

Là-aussi, la taille des vis utilisées est opérateur-dépendant et est à évaluer en fonction de la situation clinique, du positionnement de la carotte, ou encore de l'étendue du défaut osseux.

Concernant les techniques chirurgicales associées : seuls 2 cas sur 14 répertorient une technique associée à la greffe de carotte osseuse (14%) : une greffe de tissu conjonctif libre dans un cas et un soulevé de sinus dans un autre cas.

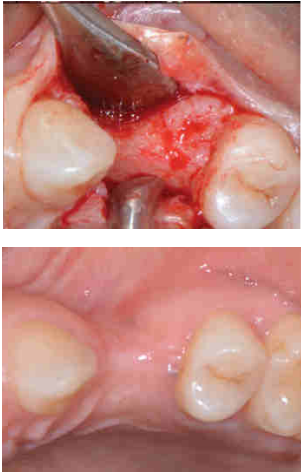
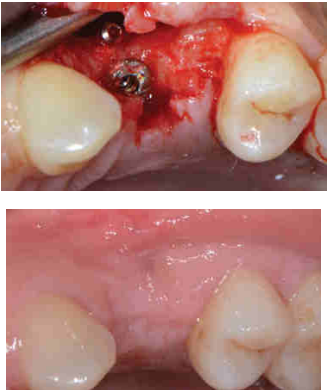
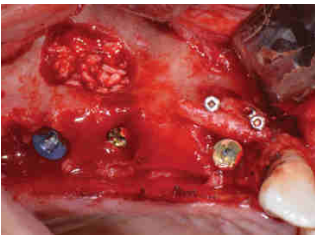
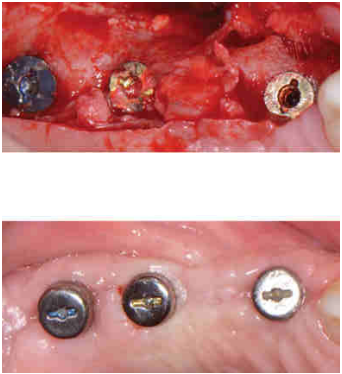
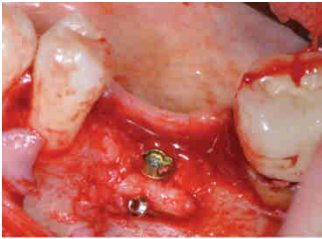
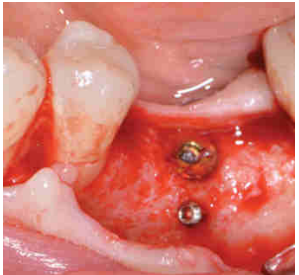
Concernant le suivi : la durée moyenne du suivi des patients est de 14 mois.

Quelque uns des cas cliniques réalisés avec cette technique de carotte osseuse ont pu être photographiés et répertoriés dans le tableau ci-dessous en 3 colonnes.

Les photographies ont été réalisées :

- avant la greffe de carotte osseuse afin de visualiser le défaut osseux
- pendant la greffe avec la mise en place de la carotte sur le défaut osseux
- après la greffe pour observer le gain de volume osseux

L'ensemble des photos ont été mises à disposition par le Dr. Jean-Martin Offerlé.

Cas clinique	Photographie avant	Pendant	Après greffe
1			
2			
3	Absence de photo		

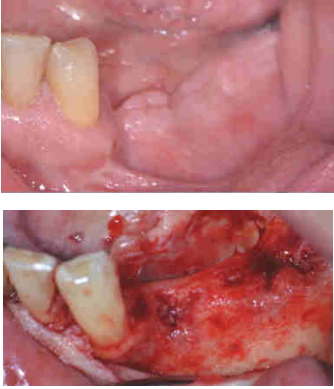
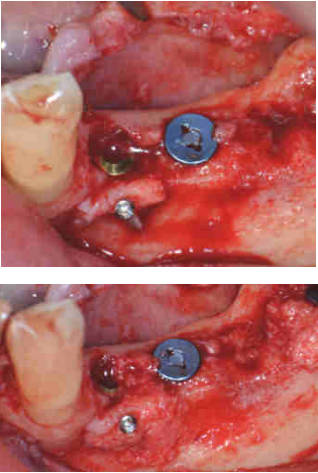
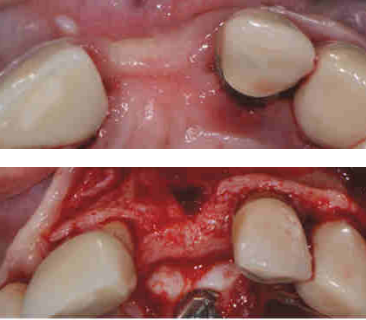
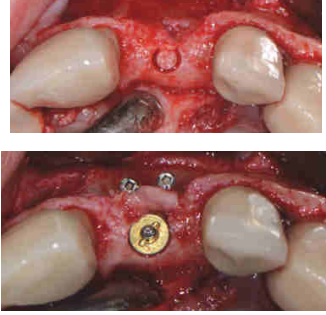
4			
5			

Tableau 4 : Tableau démontrant les résultats cliniques obtenus sur quelques cas clinique de greffe de carotte osseuse

Globalement, les patients étaient plutôt satisfaits des greffes de carottes osseuses car les suites opératoires correspondent à celles d'une pose d'un implant simple (chirurgie en 1 temps opératoire, de côté peu invasif, des suites opératoires peu douloureuses, et de la réussite de l'implant).

Dans notre étude, aucune complication n'a été observée, que ce soit en peropératoire ou en post-opératoire.

E. Discussion

1. Analyse des résultats

Concernant le calcul du gain osseux moyen, il faut savoir que sur les 9 sites, la mesure de l'épaisseur finale de 3 sites ont été réalisées lors d'un Cone Beam-CT post-opératoire immédiat, c'est-à-dire immédiatement après l'intervention. Or, on constate souvent une légère résorption osseuse avec la cicatrisation, ce qui a pu fausser légèrement les résultats.

En revanche, on peut constater que la valeur de 2,4 mm est proche du diamètre des carottes osseuses prélevées (2,1 mm ou 2,5 mm pour rappel).

Selon l'étude de F. Khoury et R. Doliveux (33), le gain osseux moyen observé sur 223 sites greffés par une carotte osseuse était de $2,4 \pm 0,8$ mm (immédiatement après la greffe) et de $2,1 \pm 0,6$ mm (à 3 mois). Ces résultats semblent donc en accord avec la valeur de gain osseux moyen de 2,4 mm de notre étude.

En ce qui concerne la durée moyenne de suivi de 14 mois, ce résultat doit être nuancé. En effet, un patient a été suivi pendant 40 mois car plusieurs implants sur différents sites ont été posés chez lui. En enlevant ce patient, la durée de suivi moyenne passe à 11,4 mois.

Deux types de complications peropératoires étaient possibles : des difficultés à récupérer la carotte osseuse ou une fracture de la carotte osseuse.

Dans le cas d'une impossibilité à récupérer la carotte osseuse, la séquence de forage implantaire classique est passée et une ROG est réalisée.

Si une fracture de la carotte osseuse se produit, soit il est possible de récupérer un fragment de le positionner et de le stabiliser. Si ce n'est pas possible, une ROG est réalisée à la place.

Quant aux complications post-opératoires possibles, elles étaient de 3 types :

- L'exposition des vis d'ostéosynthèse
- L'échec de la greffe
- Des douleurs post-opératoires importantes

Dans notre étude, aucune complication n'a été relevée. Cette constatation est en accord avec l'étude de F. Khoury et R. Doliveux (33) qui relèvent 1,4% de complications mineurs, uniquement chez des patients fumeurs.

Ainsi, les complications dans le cas d'une greffe de carotte osseuse sont peu fréquentes, les plus fréquentes étant les complications peropératoires.

2. Biais et limites de l'étude

Un certain nombre de biais sont à relever :

- Biais de réalisation : un seul opérateur a réalisé les cas cliniques
- Biais de sélection : le nombre de patients était faible et pas suffisant pour avoir une réelle puissance
- Durée de suivi relativement court : la plupart des patients étaient adressés par leur Chirurgien-Dentiste. De ce fait, les radiographies de contrôle ont souvent été réalisées chez leur Chirurgien-Dentiste traitant, ce qui a diminué la durée du suivi pour notre étude.
- Biais d'interprétation : impossibilité d'une mesure exacte du gain osseux du fait des artefacts radiographiques
 - o La qualité des radiographies est inconstante (la positionnement du patient peut différer selon les clichés, il peut bouger)
 - o Les mesures pré et post-opératoires ne peuvent être réalisées strictement sur la même coupe
 - o L'épaisseur du site opératoire et l'épaisseur de la carotte sont faibles, donc les mesures sont plus complexes à réaliser
 - o Des artefacts métalliques sont observés du fait de la présence de l'implant, des vis d'ostéosynthèse, d'éléments prothétiques adjacents...

L'intérêt de l'étude repose sur les mesures radiographiques des épaisseurs de crête. Or, les nombreux biais nous ont empêché de donner des résultats précis des mesures réalisées. Il serait dans l'intérêt de l'étude de mettre en place un protocole de mesure rigoureux afin de limiter les biais au maximum, néanmoins on ne pourra jamais s'affranchir totalement de la totalité des biais comme les artefacts radiographiques qui sont immuables.

En poursuivant la durée de l'étude, il serait possible de relever un nombre plus important de patients greffés par carotte osseuse et augmenter le suivi post-opératoire. La durée du suivi ainsi rallongée nous permettrait d'estimer si les mesures effectuées sont stables dans le temps.

Nous pourrions également relever les données sur des cas d'autres praticiens réalisant les greffes de carottes osseuses, ce qui permettrait également d'augmenter le nombre de cas inclus dans l'étude et de lui offrir plus de puissance.

CONCLUSION

La planification du traitement implanto-chirurgical tient compte du projet prothétique, la reconstruction prothétique étant le résultat réellement attendu par le patient.

Des techniques permettant de recréer le volume osseux dans le même temps chirurgical que la pose implantaire ont été décrites. Elles permettent une réduction globale du temps de traitement avec un seul temps chirurgical mais aussi une seule phase de cicatrisation osseuse. Le passage à la phase prothétique est alors accéléré.

Les techniques de greffe osseuse concomitante à la pose implantaire décrites sont la régénération osseuse guidée, la carotte osseuse, l'anneau osseux, l'expansion de crête et la greffe autogène en coffrage.

Ces techniques d'augmentation osseuse sont réalisées dans le cas de défaut osseux faible ou modéré (c'est-à-dire des défauts dont la taille ne dépasse pas les 6 mm). Néanmoins, l'évaluation clinique au cas par cas reste indispensable avant toute planification chirurgicale et implantaire.

Parmi ces techniques d'augmentation osseuse simultanée à la pose implantaire, la greffe de carotte osseuse semble prometteuse. Nous avons ainsi réalisé une étude rétrospective dans le but de montrer l'efficacité de cette technique plus récente dont le recul clinique reste faible.

Parmi ses nombreux avantages, il s'agit d'une greffe osseuse autogène donc considérée comme le « gold standard ». Elle est peu invasive (un seul site opératoire), présente des suites opératoires semblables à une chirurgie implantaire classique et entraîne peu de complications per ou post-opératoires. Sa réalisation ne présente pas de complexité particulière, et on peut l'associer à d'autres techniques chirurgicales telles que le soulèvement de sinus ou la greffe de tissu conjonctif libre.

Les résultats de notre étude clinique rétrospective semblent en accord avec la littérature. On a constaté un gain osseux clinique et radiologique, accompagné d'un succès implantaire avec ostéointégration de l'implant.

La greffe de carotte osseuse permet à l'implant d'être posé dans l'axe idéal, tout en offrant un contour osseux favorable pour la pérennité de l'implant.

Des études complémentaires sont néanmoins nécessaires afin d'augmenter la puissance de cette étude et de démontrer la stabilité et la pérennité de ces résultats dans le temps.

SIGNATURE DES CONCLUSIONS

Thèse en vue du Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Nom - prénom de l'impétrant : LOPEZ Leila

Titre de la thèse : Greffes osseuses concomitantes à la pose implantaire : Apport de la technique de la carotte osseuse

Directeurs de thèse : Docteurs Fabien BORNERT et Jean-Martin OFFERLE

VU

Strasbourg, le : 12 NOV. 2020
Le Président du Jury,



Professeur O. HUCK

VU

Strasbourg, le : 16 NOV. 2020
Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,



Professeur C. TADDELGROSS

BIBLIOGRAPHIE

1. Del Fabbro M. Effets de la carence en oestrogène sur le remodelage du tissu osseux alvéolaire [Thèse de chirurgie-dentaire]. Université Toulouse III Paul Sabatier; 2013.
2. Feneyrou C. Le point sur les différentes techniques d'augmentation verticale de la crête osseuse postérieure mandibulaire [Thèse de chirurgie-dentaire]. Université Toulouse III Paul Sabatier; 2014.
3. Harris D. Advanced surgical procedures: bone augmentation. Dent Update. 1997 ; 24(8) : 332-7.
4. Princ G, Piral T, Gaudy J. Chirurgie osseuse préimplantaire. CDP, Mémento. 2013. 138 p.
5. Wang H-L, Al-Shammari K. HVC ridge deficiency classification: a therapeutically oriented classification. Int J Periodontics Restorative Dent. 2002 ; 22(4) : 335-43.
6. Ferrus J, Cecchinato D, Pjetursson EB, Lang NP, Sanz M, Lindhe J. Factors influencing ridge alterations following immediate implant placement into extraction sockets. Clin Oral Implants Res. 2010 ; 21(1) : 22-9.
7. Bonnet F. La régénération osseuse guidée : zones postérieures maxillaire et mandibulaire. L'information dentaire n°9. 2 mars 2009 ; 20-3.
8. Resnik RR. Ideal Implant Positioning. In: Misch's Avoiding Complications in Oral Implantology [Internet]. Elsevier; 2018 [cité 4 mai 2020]. 234-66. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780323375801000068>
9. Siamak A. Implant placement in the esthetic zone. Glidewell Dental [Internet]. 2014; 5(2). Disponible sur: <https://glidewelldental.com/education/inclusive-dental-implant-magazine/volume-5-issue-2/implant-placement-in-the-esthetic-zone/>
10. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. Int J Oral Maxillofac Implants. 1986 ; 1(1) : 11-25.
11. Gultekin BA, Bedeloglu E, Kose TE, Mijiritsky E. Comparison of Bone Resorption Rates after Intraoral Block Bone and Guided Bone Regeneration Augmentation for the Reconstruction of Horizontally Deficient Maxillary Alveolar Ridges. BioMed Res Int. 2016 ; 2016 : 1-9.
12. Murray G, Holden R, Roachlau W. Experimental and clinical study of new growth of bone in a cavity. Ann J Surg. 1957 ; 95 : 385-7.

13. Bettach R. La régénération osseuse guidée. Le fil dentaire. 2010 ; 6 p.
14. Liu J, Kerns DG. Mechanisms of guided bone regeneration: a review. *Open Dent J*. 2014 ; 8 : 56-65.
15. Antoun H, Karouni M, Sojod B. La régénération osseuse guidée : résultats, limites et perspectives. *AOS Journal*. 2013 ; 261 : 11-21.
16. Elgali I, Omar O, Dahlin C, Thomsen P. Guided bone regeneration: materials and biological mechanisms revisited. *Eur J Oral Sci*. 2017 ; 125(5) : 315-37.
17. AlKudmani H, Al Jasser R, Andreana S. Is Bone Graft or Guided Bone Regeneration Needed When Placing Immediate Dental Implants? A Systematic Review. *Implant Dent*. 2017 ; 26(6) : 936-44.
18. Rocchietta I, Simion M, Hoffmann M, Trisciuglio D, Benigni M, Dahlin C. Vertical Bone Augmentation with an Autogenous Block or Particles in Combination with Guided Bone Regeneration: A Clinical and Histological Preliminary Study in Humans. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2016 ; 18(1) : 19-29.
19. Locatelli L-H. Greffes osseuses autogènes à visée implantaire [Thèse de chirurgie-dentaire]. Université Henri Poincaré-Nancy 1; 2010.
20. Elgali I, Turri A, Xia W, Norlindh B, Johansson A, Dahlin C, et al. Guided bone regeneration using resorbable membrane and different bone substitutes: Early histological and molecular events. *Acta Biomater*. 2016 ; 29 : 409-23.
21. Jordana F, Visage CL, Weiss P. Substituts osseux. *médecine/sciences*. 2017 ; 33(1) : 60-5.
22. Le BT, Borzabadi-Farahani A. Simultaneous implant placement and bone grafting with particulate mineralized allograft in sites with buccal wall defects, a three-year follow-up and review of literature. *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg*. 2014 ; 42(5) : 552-9.
23. Bonnet F. La régénération osseuse guidée : zones postérieures maxillaire et mandibulaire. *L'information dentaire*. mars 2011 ; 9 : 20-3.
24. Fairbairn P, Leventis M. Protocol for Bone Augmentation with Simultaneous Early Implant Placement: A Retrospective Multicenter Clinical Study. *Int J Dent*. 2015 ; 2015 : 8 p.
25. Kuchler U, Chappuis V, Gruber R, Lang NP, Salvi GE. Immediate implant placement with simultaneous guided bone regeneration in the esthetic zone: 10-year clinical and radiographic outcomes. *Clin Oral Implants Res*. 2016 ; 27(2) : 253-7.

26. Mazzocco F, Jimenez D, Barallat L, Paniz G, Del Fabbro M, Nart J. Bone volume changes after immediate implant placement with or without flap elevation. *Clin Oral Implants Res.* 2017 ; 28(4) : 495-501.
27. Buser D, Chappuis V, Bornstein MM, Wittneben J-G, Frei M, Belser UC. Long-term stability of contour augmentation with early implant placement following single tooth extraction in the esthetic zone: a prospective, cross-sectional study in 41 patients with a 5- to 9-year follow-up. *J Periodontol.* 2013 ; 84(11) : 1517-27.
28. Buser D, Dula K, Belser U, Hirt H, Berthold H. Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. *Surgical procedure in the Maxilla.* 1993 ; 13(1) : 29-45.
29. Chiapasco M, Casentini P, Zaniboni M. Bone augmentation procedures in implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009 ; 20(Suppl. 4) : 237-59.
30. Buser D, Halbritter S, Hart C, Bornstein MM, Grütter L, Chappuis V, et al. Early implant placement with simultaneous guided bone regeneration following single-tooth extraction in the esthetic zone: 12-month results of a prospective study with 20 consecutive patients. *J Periodontol.* 2009 ; 80(1) : 152-62.
31. Christensen D, Karoussis I, Joss A, Hämmerle C, Lang N. Simultaneous or staged installation with guided bone augmentation of transmucosal titanium implants. A 3-year prospective cohort study. *Clinical Oral Implants Research.* 2003 ; 14 : 680-6.
32. Buser D, Belser U. Implantation précoce associée à une augmentation osseuse du contour alvéolaire vestibulaire (technique de ROG). Concept thérapeutique du Pr Daniel Buser et du Pr Urs Belser, Université de Berne, Suisse.
33. Khoury F, Doliveux R. The Bone Core Technique for the Augmentation of Limited Bony Defects: Five-Year Prospective Study with a New Minimally Invasive Technique. *Restorative Dent.* 2018 ; 38(2) : 10 p.
34. Keller P. Utilisation du foret creux Frios®. In p. 2 p. Disponible sur: https://pierre-keller-formations.fr/wp-content/uploads/2018/02/Pas_a_pas_Trepan_FRIOS_Dr_KELLER.pdf
35. Ostéotome [Internet]. Dental Kompakt. [cité 7 juill 2019]. Disponible sur: https://www.dentalkompakt-online.de/typo3temp/cmyk2rgb_cache/8b995e0bd81a1fb9d06de2fa1bd60d9b_cmyk.jpg
36. Foret Frios® [Internet]. [cité 7 juill 2019]. Disponible sur: <http://www.apexdental.ru/assets/images/Hirugiya/Trepan/51-4093-frios.jpeg>
37. Khoury F, Hidajat H. Secure and effective stabilization of different sized autogenous bone grafts. *JOS.* 2011 ; 2(3) : 6 p.

38. Safescraper Twist récupérateur os droit - dentoNET.ch [Internet]. [cité 20 mai 2020]. Disponible sur: https://www.dentonet.ch/fr/safescraper_twist_recuperateur_os_droit/artid!111636/
39. Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. Interventions for replacing missing teeth: horizontal and vertical bone augmentation techniques for dental implant treatment. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009 ; (4) : 61 p.
40. Raghoobar GM, Liem RSB, Bos RRM, van der Wal JE, Vissink A. Resorbable screws for fixation of autologous bone grafts. *Clin Oral Implants Res*. 2006 ; 17(3) : 288-93.
41. Giesenhausen B. Vertical Augmentation with Bone Rings. *EDI J*. 2006 ; 50-3.
42. Gaikwad AM, Joshi AA, Padhye AM, Nadgere JB. Autogenous bone ring for vertical bone augmentation procedure with simultaneous implant placement: A systematic review of histologic and histomorphometric outcomes in animal studies. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2020 ; Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022391320304650>
43. Giraddi GB, Saifi AM. Bone Ring Augmentation Around Immediate Implants: A Clinical and Radiographic Study. *Ann Maxillofac Surg*. 2017 ; 7(1) : 92-7.
44. Stevens MR, Emam HA, Alaily MEL, Sharawy M. Implant bone rings. One-stage three-dimensional bone transplant technique: a case report. *J Oral Implantol*. 2010 ; 36(1) : 69-74.
45. Omara M, Abdelwahed N, Ahmed M, Hindy M. Simultaneous implant placement with ridge augmentation using an autogenous bone ring transplant. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2016 ; 45(4) : 535-44.
46. Pommer B, Tepper G, Gahleitner A, Zechner W, Watzek G. New safety margins for chin bone harvesting based on the course of the mandibular incisive canal in CT. *Clin Oral Implants Res*. 2008 ; 19(12) : 1312-6.
47. Hunt D, Jovanovic S. Autogenous bone harvesting: a chin graft technique for particulate and monocortical bone blocks. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1999 ; 19(2) : 165-73.
48. Haga-Tsujimura M, Nakahara K, Kobayashi E, Igarashi K, Schaller B, Saulacic N. Single-staged implant placement using bone ring technique with and without membrane placement: An experimental study in the Beagle dog. *Clin Oral Implants Res*. 2018 ; 29(3) : 263-76.
49. Cordaro L, Torsello F, Accorsi Ribeira C, Liberatore M, Mirisola di Torresanto V. Inlay-onlay grafting for three-dimensional reconstruction of the posterior atrophic maxilla with mandibular bone. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2010 ; 39(4) : 350-7.

50. Nakahara K, Haga-Tsujimura M, Sawada K, Kobayashi E, Mottini M, Schaller B, et al. Single-staged vs. two-staged implant placement using bone ring technique in vertically deficient alveolar ridges - Part 1: histomorphometric and micro-CT analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2016 ; 27(11) : 1384-91.
51. Nakahara K, Haga-Tsujimura M, Sawada K, Kobayashi E, Schaller B, Saulacic N. Single-staged vs. two-staged implant placement using bone ring technique in vertically deficient alveolar ridges - Part 2 : implant osseointegration. *Clin Oral Implants Res.* 2017 ; 28(7) : 31-8.
52. Giesenhausen B, Martin N, Donkiewicz P, Perić Kačarević Ž, Smeets R, Jung O, et al. Vertical bone augmentation in a single-tooth gap with an allogenic bone ring: Clinical considerations. *J Esthet Restor Dent.* 2018 ; 30(6) : 480-3.
53. Giesenhausen B, Martin N, Jung O, Barbeck M. Bone Augmentation and Simultaneous Implant Placement with Allogenic Bone Rings and Analysis of Its Purification Success. *Mater Basel Switz.* 2019 ; 12(8) : 11 p.
54. Jinno Y, Jimbo R, Lindström M, Sawase T, Lilin T, Becktor J. Vertical Bone Augmentation Using Ring Technique with Three Different Materials in the Sheep Mandible Bone. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018 ; 33(5) : 1057-63.
55. Wychowanski P, Woliński J, Morawiec T, Kownacki P, Starzynska A, Kosieradzki M, et al. Preliminary Clinical Data and the Comparison of the Safety and Efficacy of Autogenous Bone Grafts Versus Xenograft Implantations in Vertical Bone Deficiencies Before Dental Implant Installation. *Transplant Proc.* 2020 ; 52(7) : 2248-51.
56. Cricchio G, Lundgren S. Donor site morbidity in two different approaches to anterior iliac crest bone harvesting. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2003 ; 5(3) : 161-9.
57. Silva FMS, Cortez ALV, Moreira RWF, Mazzonetto R. Complications of intraoral donor site for bone grafting prior to implant placement. *Implant Dent.* 2006 ; 15(4) : 420-6.
58. McAllister B, Haghghat K. Bone augmentation techniques. *J Periodontol.* 2007 ; 78(3) : 377-96.
59. Pieri F, Aldini NN, Marchetti C, Corinaldesi G. Esthetic outcome and tissue stability of maxillary anterior single-tooth implants following reconstruction with mandibular block grafts: a 5-year prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013 ; 28(1) : 270-80.
60. Liang J, Jiang B, Lan J, Huang H, Zhu Z, Wen Y, et al. Short-term evaluation of clinical effect of bone ring grafting and immediate insertion. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi Huaxi Kouqiang Yixue Zazhi West China J Stomatol.* 2014 ; 32(1) : 40-4.

61. Crespi R, Capparè P, Gherlone EF. Electrical mallet provides essential advantages in split-crest and immediate implant placement. *Oral Maxillofac Surg.* 2014 ; 18(1) : 59-64.
62. Shakir QJ. Maxillary ridge expansion followed by immediate implant placement: A clinical case report. *International Journal of Current Research.* 2016 ; 8(02) : 26223-6.
63. Khoury G, Khoury E, Fülöp O. Les techniques d'expansion alvéolaire transversale. *Le fil dentaire.* 2010 ; 46-9.
64. Bruschi GB, Capparè P, Bravi F, Grande N, Gherlone E, Gastaldi G, et al. Radiographic Evaluation of Crestal Bone Level in Split-Crest and Immediate Implant Placement: Minimum 5-Year Follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017 ; 32(1) : 114-20.
65. Shibuya Y, Yabase A, Ishida S, Kobayashi M, Komori T. Outcomes and treatments of mal fractures caused by the split-crest technique in the mandible. *Kobe J Med Sci.* 2014 ; 60(2) : 37-42.
66. Mestas G, Alarcón M, Chambrone L. Long-Term Survival Rates of Titanium Implants Placed in Expanded Alveolar Ridges Using Split Crest Procedures: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016 ; 31(3) : 591-9.
67. Chadha R, Shetty B, Hegde R. Ridge Expansion Technique :a Case Report. *Indian J Appl Res.* 2016 ; 6(3) : 294-5.
68. Waechter J, Leite FR, Nascimento GG, Carmo Filho LC, Faot F. The split crest technique and dental implants: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2017 ; 46 : 116-28.
69. Blus C, Szmukler-Moncler S, Vozza I, Rispoli L, Polastri C. Split-crest and immediate implant placement with ultrasonic bone surgery (piezosurgery): 3-year follow-up of 180 treated implant sites. *Quintessence Int.* 2010 ; 41(6) : 463-9.
70. Juery T. La technique d'expansion osseuse avec les implants « Shark » d'Implantdiscount.fr. *Le fil dentaire.* 2010 ; 20-21.
71. Nishioka RS, Souza FA. Bone spreading and standardized dilation of horizontally resorbed bone: technical considerations. *Implant Dent.* 2009 ; 18(2) : 119-25.
72. Kits expandeurs mectron [Internet]. Mectron. [cité 16 août 2019]. Disponible sur: <http://mectron.fr/produits/chirurgie/expandeurs-mectron/kits-expandeurs-mectron/>
73. Arora V, Kumar D. Alveolar ridge split technique for implant placement. *Med J Armed Forces India.* 2015 ; 71 : 496-8.
74. Ostéotome [Internet]. Prodont Hollinger. [cité 16 août 2019]. Disponible sur: <http://www.prodont-hollinger.com/resultats-de-recherche/?s=ostéotome&submit=>

75. Brugnami F, Caiazzo A, Mehra P. Piezosurgery-Assisted, Flapless Split Crest Surgery for Implant Site Preparation. *J Maxillofac Oral Surg.* 2014 ; 13(1) : 67-72.
76. Figliuzzi MM, Giudice A, Pileggi S, Pacifico D, Marrelli M, Tatullo M, et al. Implant-Prosthetic Rehabilitation in Bilateral Agenesis of Maxillary Lateral Incisors with a Mini Split Crest. *Case Rep Dent.* 2016 ; 2016 : 6 p.
77. Cortese A, Pantaleo G, Amato M, Claudio PP. Ridge Expansion by Flapless Split Crest and Immediate Implant Placement: Evolution of the Technique. *J Craniofac Surg.* 2016 ; 27(2) : 123-8.
78. Garcez-Filho J, Tolentino L, Sukekava F, Seabra M, Cesar-Neto JB, Araújo MG. Long-term outcomes from implants installed by using split-crest technique in posterior maxillae: 10 years of follow-up. *Clin Oral Implants Res.* 2015 ; 26(3) : 326-31.
79. Le vertige paroxystique positionnel bénin [Internet]. 2019. Disponible sur: <https://www.hug-ge.ch/sites/interhug/files/documents/vertige.pdf>
80. Starch-Jensen T, Becktor JP. Maxillary Alveolar Ridge Expansion with Split-Crest Technique Compared with Lateral Ridge Augmentation with Autogenous Bone Block Graft: a Systematic Review. *J Oral Maxillofac Res.* 2019 ; 10(4) : 2 p.
81. Crespi R, Bruschi GB, Gastaldi G, Capparé P, Gherlone EF. Immediate Loaded Implants in Split-Crest Procedure. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17((Suppl. 2)):692-8.
82. Seban A. Greffes osseuse et implants. Masson. 2008. 272 p.
83. Khoury F, Hanser T. Mandibular bone block harvesting from the retromolar region: a 10-year prospective clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* juin 2015;30(3):688-97.
84. Davarpanah M, Martinez H, Kebir M, Tecucianu J-F. Manuel d'implantologie clinique. CdP. Vol. 1. 1999. 338 p.
85. Clementini M, Morlupi A, Agrestini C, Barlattani A. Immediate versus delayed positioning of dental implants in guided bone regeneration or onlay graft regenerated areas: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013 ; 42(5) : 643-50.
86. Kang Y-H, Kim H-M, Byun J-H, Kim U-K, Sung I-Y, Cho Y-C, et al. Stability of simultaneously placed dental implants with autologous bone grafts harvested from the iliac crest or intraoral jaw bone. *BMC Oral Health.* 2015 ; 15 : 172.
87. Tunkel J, Würdinger R, de Stavola L. Vertical 3D Bone Reconstruction with Simultaneous Implantation : A Case Series Report. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2018 ; 38(3) : 413-21.
88. Sommaire B, Khoury G. Greffe autologue tunnélisée par prélèvement mentonnier. *AO news.* déc 2017 ; 13-5.

89. Khoury F. Greffe osseuse en implantologie. Quintessence international. 2010. 519 p.
90. Clavero J, Lundgren S. Ramus or chin grafts for maxillary sinus inlay and local onlay augmentation: comparison of donor site morbidity and complications. Clin Implant Dent Relat Res. 2003 ; 5(3) : 154-60.
91. Von Arx T, Häfliger J, Chappuis V. Neurosensory disturbances following bone harvesting in the symphysis: a prospective clinical study. Clin Oral Implants Res. 2005 ; 16(4) : 432-9.
92. Aloy-Prósper A, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M. The outcome of intraoral onlay block bone grafts on alveolar ridge augmentations: a systematic review. Med Oral Patol Oral Cirugia Bucal. 2015 ; 20(2) : 251-8.
93. 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. 2018 ; 33(2) : 365-72.
94. Restoy-Lozano A, Dominguez-Mompell JL, Infante-Cossio P, Lara-Chao J, Espin-Galvez F, Lopez-Pizarro V. Reconstruction of mandibular vertical defects for dental implants with autogenous bone block grafts using a tunnel approach: clinical study of 50 cases. Int J Oral Maxillofac Surg. 2015 ; 44(11) : 1416-22.
95. Tulasne J-F, Andreani J-F. Les greffes osseuses en implantologie. Quintessence International. 2007. 117 p.
96. Tolman DE. Reconstructive procedures with endosseous implants in grafted bone: a review of the literature. Int J Oral Maxillofac Implants. 1995 ; 10(3) : 275-94.
97. Schwartz-Arad D, Levin L, Sigal L. Surgical Success of Intraoral Autogenous Block Onlay Bone Grafting for Alveolar Ridge Augmentation. Implant Dent. 2005 ; 14(2) : 131–138.