



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I
U.F.R D'ODONTOLOGIE

Année 2016

Thèse n°2016 LYO 1D 039

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 21 octobre 2016

Par

Leonor COSTA MENDES

Née le 19 mai 1989, à Lisbonne

**RECONSTRUCTIONS VERTICALES DES SECTEURS
MANDIBULAIRES POSTERIEURS : ETUDE DE LA LITTERATURE**

JURY

Monsieur le Professeur Jean-Christophe FARGES	Président
Madame le Docteur Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD	Assesseur
Madame le Docteur Sophie VEYRE-GOULET	Assesseur
Monsieur le Docteur Thierry SAUVIGNE	Assesseur
<u>Monsieur le Docteur Julien GUIOL</u>	Assesseur

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université	M. le Professeur F. FLEURY
Président du Conseil Académique	M. le Professeur H. BEN HADID
Vice-Président du Conseil d'Administration	M. le Professeur D. REVEL
Vice-Président de la Commission Recherche du Conseil Académique	M. F. VALLEE
Vice-Président de la Commission Formation Vie Universitaire du Conseil Académique	M. le Professeur P. CHEVALIER

SECTEUR SANTE

Faculté de Médecine Lyon Est	Directeur : M. le Professeur G. RODE
Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux	Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON
Faculté d'Odontologie	Directeur : M. le Professeur D. BOURGEOIS
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directrice : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation	Directeur : M. X. PERROT, Maître de Conférences
Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directrice : Mme la Professeure A.M. SCHOTT

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Faculté des Sciences et Technologies	Directeur : M. F. DE MARCHI, Maître de Conférences
UFR des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives	Directeur : M. Y. VANPOULLE, Professeur Agrégé
Institut Universitaire de Technologie Lyon 1	Directeur : M. le Professeur C. VITON
Ecole Polytechnique Universitaire de l'Université Lyon 1	Directeur : M. E. PERRIN
Institut de Science Financière et d'Assurances	Directeur : M. N. LEBOISNE, Maître de Conférences
Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education (ESPE)	Directeur : M. le Professeur A. MOUGNIOTTE
Observatoire de Lyon	Directrice : Mme la Professeure I. DANIEL
Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique	Directeur : M. G. PIGNAULT

FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

Doyen	:	M. Denis BOURGEOIS, Professeur des Universités
Vice-Doyen	:	Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités
Vice-Doyen	:	M. Stéphane VIENNOT, Maître de Conférences
Vice-Doyen	:	Mlle DARNE Juliette

SOUS-SECTION 56-01: **PEDODONTIE**

Professeur des Universités :	<u>M. Jean-Jacques MORRIER</u>
Maître de Conférences :	M. Jean-Pierre DUPREZ

SOUS-SECTION 56-02 : **ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Maîtres de Conférences :	Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, <u>Mme Claire PERNIER</u> ,
--------------------------	---

SOUS-SECTION 56-03 : **PREVENTION - EPIDEMIOLOGIE ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE**

Professeur des Universités	M. Denis BOURGEOIS
Professeur des Universités Associé	M. Bassel DOUGHAN
Maître de Conférences	<u>M. Bruno COMTE</u>

SOUS-SECTION 57-01 : **PARODONTOLOGIE**

Maîtres de Conférences :	Mme Kerstin GRITSCH, <u>M. Philippe RODIER</u> ,
Maître de Conférences Associée	Mme Nina ATTIK

SOUS-SECTION 57-02 : **CHIRURGIE BUCCALE - PATHOLOGIE ET THERAPEUTIQUE ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION**

Maîtres de Conférences :	Mme Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD, <u>M. Thomas FORTIN</u> , M. Jean-Pierre FUSARI, M. Arnaud LAFON
--------------------------	---

SOUS-SECTION 57-03 : **SCIENCES BIOLOGIQUES**

Professeur des Universités :	<u>M. J. Christophe FARGES</u>
Maîtres de Conférences :	Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE, M. François VIRARD

SOUS-SECTION 58-01 : **ODONTOLOGIE CONSERVATRICE - ENDODONTIE**

Professeurs des Universités :	M. Pierre FARGE, <u>M. Jean-Christophe MAURIN</u> , Mme Dominique SEUX
-------------------------------	--

Maîtres de Conférences :	Mme Marion LUCCHINI, M. Thierry SELLIER, M. Cyril VILLAT
--------------------------	--

SOUS-SECTION 58-02 : **PROTHESE**

Professeurs des Universités :	M. Guillaume MALQUARTI, Mme Catherine MILLET
Maîtres de Conférences :	M. Christophe JEANNIN, M. Renaud NOHARET, <u>M. Gilbert VIGUIE</u> , M. Stéphane VIENNOT

Maîtres de Conférences Associés :	M. Hazem ABOUELLEIL, M. Maxime DUCRET
-----------------------------------	---------------------------------------

SOUS-SECTION 58-03 :

**SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES
OCCLUSODONTIQUES, BIOMATERIAUX, BIOPHYSIQUE,
RADIOLOGIE**

Professeurs des Universités :
Maîtres de Conférences :

Mme Brigitte GROSGOGEAT, M. Olivier ROBIN
M. Patrick EXBRAYAT, Mme Sophie VEYRE-GOULET

SECTION 87 :

SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES

Maître de Conférences

Mme Florence CARROUEL

À notre président de jury et notre juge :

Monsieur le Professeur Jean-Christophe FARGES

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Lyon I

Responsable de la sous-section Sciences Biologiques

Habilité à Diriger des Recherches

Nous vous remercions d'avoir si spontanément accepté de présider notre jury de thèse. Votre disponibilité et votre soutien nous ont touché.

À notre juge :

Madame le Docteur Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancien Interne en Odontologie

Docteur de l'Université Grenoble 1

*Nous vous remercions d'avoir accepté de siéger dans ce jury,
et vous témoignons notre reconnaissance pour les conseils et
l'orientation que vous nous avez fournis au cours de notre internat. C'est
au sein de votre service que nous avons fait les premiers pas dans notre
spécialité, et ce fut un réel plaisir de faire cette découverte à vos côtés.*

À notre juge :

Madame le Docteur Sophie VEYRE-GOULET

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancien Interne en Odontologie

Docteur de l'Université Lyon I

Nous vous remercions d'avoir accepté de prendre part à ce jury. Vous nous avez fait découvrir l'implantologie au cours de notre internat, et nous garderons toujours en mémoire vos enseignements et vos conseils.

À notre juge :

Monsieur le Docteur Thierry SAUVIGNÉ

Praticien-Hospitalier

Docteur en Médecine

Chef du Service de Stomatologie et Implantologie de l'Hôpital Lyon Sud

Vous nous faites l'honneur et l'immense plaisir de siéger dans ce jury. Vos enseignements nous ont été précieux tout au long de notre internat et nous espérons pouvoir continuer à bénéficier de vos connaissances et de vos conseils à l'avenir. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de notre profonde reconnaissance.

À notre directeur de thèse et notre juge :

Monsieur le Docteur Julien Guiol

Praticien-Hospitalier

Docteur en Médecine

*Vous nous avez fait l'honneur d'accepter la direction ce travail et nous vous
remercions pour votre confiance. Veuillez trouver ici l'expression de notre
gratitude et de notre reconnaissance pour vos conseils, vos enseignements et
votre disponibilité.*

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	12
I. LES DIFFERENTES TECHNIQUES D'AUGMENTATION VERTICALE	13
1) La régénération osseuse guidée (ROG).....	13
1.1 Principe	13
1.2 Technique chirurgicale	15
1.3 Indications et limites	18
1.4 Complications et échecs	19
1.5 Résultats	22
2) Greffé d'apposition en onlay	27
2.1 Principe	27
2.2 Technique chirurgicale	28
2.3 Indications et limites	31
2.4 Complications et échecs	32
2.5 Résultats	36
3) Greffé en inlay ou greffe sandwich.....	40
3.1 Principe	40
3.2 Technique chirurgicale	41
3.3 Indications et limites	44
3.4 Complications et échecs	44
3.5 Résultats	46
4) Distraction alvéolaire	51
4.1 Principe	51
4.2 Technique chirurgicale	54
4.3 Indications et limites	57
4.4 Complications et échecs	58
4.5 Résultats	64
II. ALTERNATIVES THERAPEUTIQUES	68
1) Implants courts.....	68
1.1 Principe	68
1.2 Technique chirurgicale	69
1.3 Indications et limites	71
1.4 Complications et échecs	72
1.5 Résultats	73
2) Latéralisation du nerf alvéolaire inférieur	76
2.1 Principe	76
2.2 Technique chirurgicale	77
2.3 Indications et limites	80
2.4 Complications et échecs	81
2.5 Résultats	85

III. DISCUSSION	87
1) Comparaison des résultats des différentes techniques	88
2) Avantages et inconvénients de chaque technique.....	95
2.1 Régénération Osseuse Guidée	95
2.2 Greffe en onlay	95
2.3 Greffe en inlay.....	96
2.4 Distraction alvéolaire.....	97
2.5 Implants courts.....	98
2.6 Latéralisation du nerf alvéolaire inférieur.....	98
3) Critères décisionnels et stratégie thérapeutique	99
3.1 Critères décisionnels	99
3.2 Stratégie thérapeutique	103
CONCLUSION	105
TABLE DES FIGURES	107
BIBLIOGRAPHIE.....	109

INTRODUCTION

La réhabilitation implantaire d'édentements unitaires ou pluraux représente le traitement de choix en pratique clinique courante. Néanmoins, une atteinte parodontale avancée, un traumatisme ou un édentement non compensé durant de nombreuses années peuvent être à l'origine d'une résorption osseuse excessive. Au niveau des secteurs mandibulaires postérieurs, une résorption verticale va entraîner une diminution de l'espace disponible au-dessus du nerf alvéolaire inférieur, limitant la mise en place d'implants de longueur standard. Elle peut être responsable d'une augmentation de l'espace inter-arcades, conduisant à une situation prothétique défavorable. Afin résoudre ce problème, diverses techniques d'augmentation osseuse ont été développées. Néanmoins, la reconstruction verticale des secteurs mandibulaires postérieurs présente des difficultés particulières: la présence d'obstacles anatomiques tels le nerf alvéolaire inférieur, la morphologie de l'os alvéolaire, offrant généralement une surface de greffe peu étendue, la qualité de la muqueuse, souvent mince et fragile, la faible vascularisation du site et, enfin, une moindre visibilité et accès à la zone du fait de la présence des dents antérieures, de la langue et de la joue.

Différentes techniques d'augmentation verticale peuvent être utilisées telles la régénération osseuse guidée, la greffe d'apposition, l'ostéotomie d'expansion immédiate ou greffe en inlay, et la distraction alvéolaire. Il existe néanmoins d'autres alternatives thérapeutiques aux reconstructions osseuses, telles la pose d'implants courts ou la latéralisation du nerf alvéolaire inférieur.

La finalité de la reconstruction alvéolaire est d'assurer un gain en hauteur suffisant pour la pose des implants. L'objectif à long terme est le maintien de la stabilité dimensionnelle du volume osseux reconstruit afin d'assurer un résultat fonctionnel et esthétique pérenne dans le temps. En effet, l'absence de résorption est un des paramètres les plus importants pour le succès du traitement implanto-prothétique. À l'heure actuelle, il n'existe pas de consensus quant à la technique à privilégier puisqu'une comparaison directe des différentes méthodes n'est pas possible. Nous allons, à travers ce travail, analyser les publications traitant des différentes techniques de reconstruction verticale dans les secteurs mandibulaires postérieurs, ainsi que leurs alternatives, afin de déterminer quels sont les indications et limites de chaque technique, les résultats obtenus, ainsi que le taux de succès des implants placés dans les sites traités.

I. LES DIFFERENTES TECHNIQUES D'AUGMENTATION VERTICALE

1) La régénération osseuse guidée (ROG)

1.1 Principe

La régénération osseuse guidée (ROG) est une technique basée sur le principe d'exclusion cellulaire, permettant la prolifération de cellules ostéoprogénitrices dans un espace donné. Ceci est possible grâce à l'utilisation d'une membrane, qui va créer et maintenir un espace au-dessus de la crête alvéolaire, et jouer un rôle de barrière contre l'invasion cellulaire du tissu conjonctif et épithéial gingival, empêchant ainsi la compétition cellulaire avec les cellules ostéoprogénitrices (1). L'utilisation d'une membrane permet de maintenir un espace tridimensionnel, de protéger et contenir la greffe osseuse et d'éviter la résorption osseuse pendant la période de cicatrisation (2,3). Dans la première étude sur la ROG verticale *Simion et coll.* (4) utilisaient une membrane renforcée titane sans adjonction de greffe osseuse. Malgré de bons résultats, les auteurs n'avaient pas pu obtenir un gain en hauteur supérieur à 4 mm. Divers éléments peuvent expliquer ces résultats, notamment la rétraction du caillot sanguin ou le fait que la membrane ne peut que retarder la pénétration de tissu conjonctif pendant un laps de temps donné. Actuellement, en complément de la membrane, des particules osseuses sous forme de granules ou copeaux sont mises en place. Il peut s'agir d'os autogène, mais également d'allogreffes ou xénogreffes.

- Différents types de membrane

Les membranes utilisées peuvent être résorbables ou non résorbables. Les membranes non résorbables peuvent se composer entièrement de titane ou posséder simplement une armature titane associée à une matrice polymère. On retrouve ainsi :

- **la membrane titane configurée (CTM) (5)**
- **la membrane titane poreuse (Ti-Mesh)** : sa porosité permet un bon apport vasculaire et elle présente une bonne résistance à l'infection en cas d'exposition (2).
- **la membrane polytetrafluoroéthylène renforcée titane (PTFE) (ex : Gore-Tex®) (2).**
- **la membrane PTFE expansée ou dense (e-PTFE ou d-PTFE) (2,6)** : elle a représenté le gold standard pendant longtemps. La structure moins poreuse de la membrane d-PTFE la rend plus résistante à la colonisation bactérienne et limite l'inflammation en cas d'exposition, ainsi que l'adhésion cellulaire, ce qui la rend plus facile à déposer(6,7).

Les membranes résorbables sont essentiellement composées de collagène ou de polymères d'acide polyglycolique et polylactique :

- la **membrane collagénique** (ex : Bio-Gide®, Tisseos®) est la plus utilisée (8,9) : elle résiste à l'infection, favorise une prolifération fibreuse des tissus mous sus-jacents, évite la désunion muqueuse et permet d'éviter une fuite des facteurs de croissance hors du site greffé (10).

L'avantage majeur des membranes titane et des membranes armées est leur rigidité, permettant d'assurer le maintien de l'espace créé pour la régénération (2). Leur inconvénient majeur est la difficulté de conformation et d'adaptation de celles-ci au défaut osseux ; ainsi, certains auteurs configurent au préalable la membrane sur un modèle en plâtre (10), ou utilisent des membranes préformées (11). De plus, les membranes titanes ne sont pas résorbables, une réintervention est donc nécessaire pour les déposer, et cette étape est parfois délicate.

L'avantage des membranes résorbables est leur plus faible coût, leur facilité de manipulation, leur biocompatibilité et le fait qu'une 2^e intervention ne soit pas nécessaire pour leur dépose. Leur inconvénient est leur souplesse, car il existe un plus grand risque d'affaissement de la greffe face à la contraction des tissus mous. Certains auteurs utilisent des plaques d'ostéosynthèse conformées en arc de cercle au-dessus de la crête afin d'offrir un support à la membrane (12).

Malgré une divergence des études quant au taux de complications, gain osseux ou résorption péri-implantaire avec l'utilisation de membranes résorbables et non résorbables, une réelle différence de résultats n'a jamais été démontrée (12–14). Récemment, *Merli* et coll., dans l'étude randomisée présentant le plus grand recul clinique actuellement, n'ont retrouvé aucune différence entre ces deux techniques en termes de complications, gain osseux, résorption et échecs (15).

Ainsi, on priviliege actuellement l'utilisation de membranes résorbables, plus simples d'utilisation (16) ; l'utilisation de membranes non résorbables est réservée aux défauts osseux importants (17).

- Nature du greffon osseux

Il se présente sous forme de granules ou de copeaux osseux :

- **Os autogène** : le site de choix pour le prélèvement est la région ramique. Il peut être prélevé sous forme de bloc osseux ou à l'aide de tréphines, puis broyé secondairement, ou alors des copeaux peuvent être obtenus grâce à un bone scraper (18–20) .

- **Allogreffe** (2,19)

- **Xénogreffe bovine** (ex : Bio-Oss®) (5,8)

- **Xénogreffe porcine** : très peu utilisée (7)

Des facteurs de croissance peuvent être utilisés afin d'améliorer l'ostéoinduction et stimuler la régénération osseuse. Il s'agit généralement de dérivés plaquettaires tels le PRGF- endoret (21), le L-PRF (22) et le rh-PDGF-BB (10,23,24), ou des protéines de la morphogenèse osseuse recombinantes comme la rhBMP-2 (25). Ces facteurs de croissance sont mélangés aux particules osseuses et permettent de les lier entre elles, ce qui amène certains auteurs à s'affranchir de membrane (21). D'après certains auteurs, l'utilisation de rh-PDGF-BB permettrait d'obtenir une régénération par ROG indépendamment de la hauteur du défaut osseux, et permettrait d'éviter un prélèvement autogène en optimisant les résultats obtenus avec des substituts osseux (10,24). L'inconvénient de ces adjuvants demeure leur coût.

Malgré la morbidité qu'il engendre, l'os autogène demeure le gold standard de par ses propriétés ostéoconductrices, ostéoinductrices et ostéogéniques.

Néanmoins, un mélange d'os autogène et de xénogreffe bovine peut être employé avec le même taux de succès et permet de réduire la morbidité du geste (3,10,20). Dans une revue de littérature réalisée par *Carini et coll.* il ressort que dans les techniques de ROG verticales l'os autogène permet une plus grande augmentation osseuse et présente un taux de résorption et d'exposition plus faible par rapport à une xénogreffe bovine (26). Un mélange d'os autogène et d'os bovin selon les proportions 70-30 permet d'obtenir des résultats similaires, tandis qu'avec un mélange à 50-50 le gain osseux est moins important, proche de celui obtenu avec une xénogreffe bovine pure. Ces résultats n'ont pas été confirmés par *Simion et coll.* (20), qui ne retrouvent pas de différence de résultats entre un mélange 50-50 et de l'os autogène pur.

L'allogreffe peut également être employée avec succès car son comportement est semblable à celui de l'autogreffe dans les ROG verticales ; elle permet un gain osseux aussi voire plus important, mais subit légèrement plus de résorption (19).

1.2 Technique chirurgicale

Une anesthésie locale, parfois associée à une sédation, est la technique la plus souvent employée pour cette technique (19,27).

Deux types de protocoles peuvent être utilisés : lors du protocole en 1 temps la pose des implants se fait au moment de l'augmentation osseuse, lors du protocole en 2 temps, la pose des implants est différée.

- Protocole en 1 temps

Une incision crestale de pleine épaisseur est réalisée, de la face distale de la première dent bordant l'édentement à la partie postérieure de la crête. Celle-ci est prolongée antérieurement en intrasulculaire sur une ou deux dents, puis deux incisions de décharge sont réalisées en distal et en mésial. Un lambeau de pleine épaisseur est ensuite récliné sur le versant vestibulaire et lingual, et la crête osseuse est préparée et curetée (27). Des micro-perforations osseuses peuvent être réalisées afin de favoriser l'apport vasculaire ; ceci est d'autant plus important que la porosité de la membrane utilisée est faible (6). Les implants sont posés de façon à ce que le col implantaire se situe au même niveau que le point le plus haut du rebord crestal mésial. Cette étape peut se faire à l'aide d'un guide chirurgical (28). La membrane est ensuite conformée et adaptée au site ; elle doit être placée à distance des dents bordant l'édentement et de manière à recouvrir l'os crestal restant sur 3 à 4 mm (19). Deux mini vis viennent fixer la membrane en lingual, puis la greffe osseuse est mise en place de façon à recouvrir les spires exposées des implants. Une fois le défaut osseux entièrement comblé, la membrane est fixée au versant vestibulaire par deux autres vis. Quelques auteurs mettent en place une membrane résorbable par-dessus la membrane titane (10,29). Enfin, des incisions périostées doivent être réalisées afin d'obtenir une laxité suffisante pour une fermeture sans tension de la muqueuse (28).

Les granules ou copeaux osseux peuvent être mélangés à des solutions antibiotiques (28) ou des dérivés plaquettaires (21) afin de faciliter leur mise en place et d'éviter des fuites de matériau.

La dépose de la membrane se fait 5 à 9 mois plus tard (2,28,30), et les étapes prothétiques peuvent débuter à ce moment-là. Quelques auteurs ont proposé de retirer précocement la membrane, à 2-4 mois, afin de faciliter sa dépose et réduire le risque d'infection ; ceci n'a pas entraîné de problème dans le processus de régénération osseuse (31).

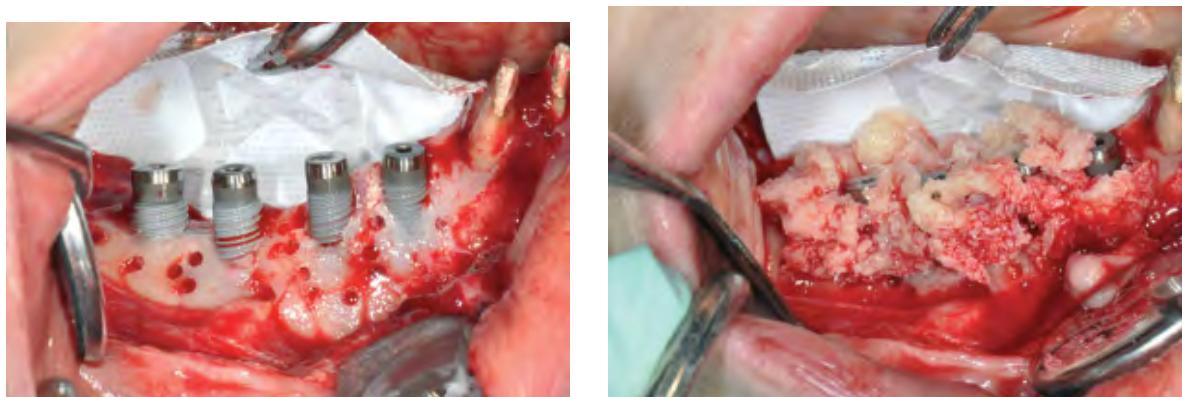


Figure 1 : protocole en 1 temps chirurgical. Les implants sont recouverts d'un mélange d'os autogène et d'allogreffe, et d'une membrane e-PTFE (6).

- Protocole en 2 temps

Les étapes sont les mêmes que celles du protocole en 1 temps mais, à la place des implants, des mini-vis de 6 à 12 mm de longueur sont positionnées de façon à créer une toile de tente et servir de support pour la membrane (3,32). Une surcorrection du défaut peut être réalisée afin d'anticiper la résorption (32). Les implants sont placés secondairement, lors de la dépose de la membrane, et la mise en charge peut être réalisée 3 à 4 mois après.



Figure 2 : protocole en 2 temps. Deux vis sont placées en toile de tente, puis le défaut osseux est comblé par des copeaux d'os autogène et recouvert d'une membrane e-PTFE (18).

➤ Critères de réussite :

La Régénération Osseuse Guidée est une technique exigeante et délicate à mettre en œuvre, il est donc important de respecter divers paramètres afin d'optimiser les résultats obtenus :

- privilégier l'utilisation d'un biomatériau afin de stabiliser le caillot sanguin et la membrane et éviter un affaissement de celle-ci sous la pression exercée par le lambeau (33,34) ; certains auteurs ont démontré qu'une régénération jusqu'à 3-4 mm est possible en utilisant seulement une membrane mais, au-delà, un tissu conjonctif se forme et occupe l'espace entre l'os néoformé et la membrane (4,35)
- éviter la présence d'espaces morts sous la membrane : en cas d'espaces non comblés la régénération osseuse sera incomplète et une couche fibreuse se formera sous la membrane ; le comblement de l'ensemble de l'espace par un biomatériau permet de réduire ce risque (4,19,20,33,36)
- assurer une bonne stabilisation de la membrane : les micro mouvements peuvent entraîner une régénération incomplète du site ou favoriser sa résorption (33)
- une suture sans tension du site est l'un des paramètres les plus importants (32) ; cela passe par un décollement soigneux du versant lingual, notamment au-delà de l'insertion du muscle mylo-hyoïdien, ainsi que des incisions périostées de demi-épaisseur sur le lambeau vestibulaire et lingual (17,27)

- respecter un temps de cicatrisation minimal de 5-6 mois (20)
- contrôler l'état bucco-dentaire : il faut vérifier l'absence d'infection endodontique ou parodontale des dents adjacentes afin d'éviter un ensemencement bactérien au niveau du site greffé (17), pouvant conduire à l'échec du traitement (4)
- lors de l'utilisation de membranes résorbables, leur cinétique de résorption doit être suffisamment lente pour permettre le processus de régénération (7)
- lors du protocole en 1 temps, le positionnement des implants ne doit pas être plus coronaire que le niveau osseux des dents adjacentes car la régénération verticale ne peut se faire au-delà de cette limite (16,37)
- le port d'une prothèse amovible est fortement déconseillé au cours de la période de cicatrisation (4,31,34). Néanmoins, certains auteurs tolèrent l'utilisation d'un prothèse non compressive, à but esthétique uniquement, à partir du premier mois post-opératoire (30,38).

1.3 Indications et limites

- Indications

La Régénération Osseuse Guidée verticale peut être utilisée pour reconstruire des défauts osseux verticaux légers à modérés ; en effet, cette technique permet d'obtenir un gain en hauteur moyen de 4 mm, mais des gains jusqu'à 7-8 mm ont été décrits dans la littérature (2,39). Elle peut également être employée lorsqu'une augmentation mixte du site (verticale et horizontale) est nécessaire, et est particulièrement adaptée aux édentements unitaires puisque la membrane peut être aisément adaptée à un espace étroit (40). La ROG permet d'améliorer le rapport couronne/longueur de l'implant chez les patients présentant un espace inter-arcades augmenté (33). Lorsque la hauteur résiduelle au-dessus du canal alvéolaire inférieur est supérieure à 6 ou 7 mm, un protocole en 1 temps peut être envisagé ; en revanche, une approche en 2 temps est indiquée si la hauteur crestale résiduelle est inférieure à 6 mm, lorsqu'une stabilité primaire des implants ne peut être obtenue ou lorsque le terrain laisse supposer que le risque d'exposition de la membrane sera élevé (3,30).

- Limites

Une hauteur minimale de 2 mm au-dessus du canal alvéolaire inférieur doit être respectée afin d'éviter une lésion nerveuse. Aussi, une largeur de crête d'au moins 6 mm est conseillée afin d'éviter une fenestration de l'implant (34). La durée de traitement est allongée de 3 à 4 mois lors d'un protocole en 2 temps, afin de permettre l'ostéointégration des implants. Une autre limite de la ROG

réside dans le fait que le port d'une prothèse amovible est déconseillé pendant la période de cicatrisation de la greffe (4,31). Enfin, lorsqu'une importante augmentation verticale est souhaitée, une autre technique de reconstruction doit être envisagée.

1.4 Complications et échecs

Fontana et coll. (17) ont proposé deux classifications des complications de la ROG lors de l'utilisation de membranes non résorbables (e-PTFE) :

- Complications liées à la cicatrisation :

Classe I : exposition de la membrane de petite taille (≤ 3 mm) sans exsudat purulent

Classe II : exposition importante de la membrane (> 3 mm) sans exsudat purulent

Classe III : exposition de la membrane avec exsudat purulent

Classe IV : formation d'un abcès sans exposition de la membrane

- Complications liées à la chirurgie :

A : lésion du lambeau

B : complications nerveuses

C : complications vasculaires

- **Complications per-opératoires** (17)

- Lésion du lambeau

Cette complication survient généralement lors de la réalisation des incisions périostées : un amincissement excessif ou une perforation de celui-ci peuvent aboutir à sa nécrose et à l'échec de la greffe.

- Lésions nerveuses

Il s'agit essentiellement d'un étirement du nerf mentonnier lors du décollement du lambeau ou de sa lésion lors de la réalisation des incisions périostées. Une lésion du nerf alvéolaire inférieur lors du forage implantaire ou de la mise en place des vis d'ostéosynthèse n'a pas été décrite.

- Lésions vasculaires

Elles concernent l'artère sublinguale et l'artère mylo-hyoïdienne, mais restent exceptionnelles.

• **Complications post opératoires**

Les suites opératoires sont généralement marquées par un œdème, un hématome et des douleurs faibles à modérées de courte durée.

- Exposition de la membrane

Il s'agit de la complication la plus fréquente et elle nécessite dans la plupart des cas une ré-intervention afin de déposer la membrane. Les conséquences d'une désunion et exposition peuvent être mineures, avec une régénération osseuse incomplète, ou majeures, entraînant un échec du traitement, la perte des implants et une souffrance pour le patient (17). Cette complication est plus souvent observée dans les défauts de grandes étendues (32) et lors de l'utilisation de membranes non résorbables (16).

Lors d'expositions de petite taille (Classe I), la dépose de la membrane peut être différée. En effet, il a été démontré que face à une exposition inférieure à 3 mm les membranes e-PTFE restent étanches à la pénétration bactérienne pendant 3 à 4 semaines (6,17). De ce fait, lors de la survenue d'une exposition précoce, notamment lors du premier mois, il pourrait être plus judicieux de temporiser la dépose de la membrane de quelques semaines, afin de ne pas perturber le processus de régénération osseuse dans sa phase initiale. En cas d'absence d'inflammation ou d'infection, la membrane peut même rester en place jusqu'à la fin de la période de cicatrisation (41). Des soins locaux tels que l'application d'un gel de chlorexidine à 0,2%, voire un débridement, sont réalisés afin de réduire l'inflammation locale. Il est également possible de procéder à l'exérèse de la portion exposée de la membrane et à la fermeture du site par une greffe de tissu conjonctif ou un simple rapprochement des berges (17,41).

En cas de désunion supérieure à 3 mm (Classe II), la dépose de la membrane doit être envisagée d'emblée (17,41).

En présence d'une infection déclarée (Classe III), la membrane doit être déposée immédiatement et les tissus affectés sous-jacents doivent être curetés. Cette situation est de mauvais pronostic si elle survient lors du premier mois post-opératoire (17,41).

La formation d'un abcès (Classe IV) doit conduire à la dépose immédiate de la membrane et de la greffe sous-jacente infectée, à un lavage abondant du site, ainsi qu'à l'instauration d'une antibiothérapie systémique (4,14,17,37,42).

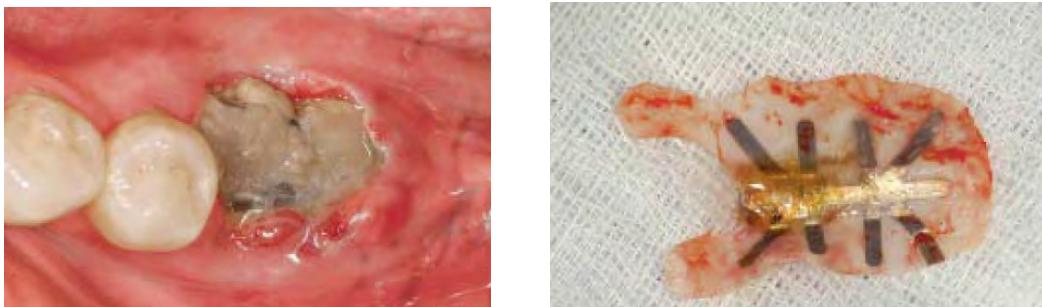


Figure 3 : exposition d'une membrane e-PTFE à 3 mois (17).

Le moment de survenue de l'exposition va conditionner le résultat obtenu : divers auteurs ont rapporté une résorption quasi-complète de la greffe lorsqu'une exposition avait lieu dans les premières 3 à 4 semaines (2,9,30), tandis que face à une exposition tardive, au-delà de 7 à 8 semaines de cicatrisation, une résorption de la greffe peut survenir mais ne compromet pas nécessairement le pronostic des implants déjà posés (protocole 1 temps) ou le plan de traitement implantaire (protocole 2 temps) (3,30,42,43). En cas d'échec de la régénération, une greffe secondaire devra être réalisée, augmentant la morbidité du traitement (32).

La largeur de la gencive kératinisée présente sur la crête ainsi que l'épaisseur du lambeau vont jouer un rôle dans la survenue d'une désunion du site. *Leong et coll.* (9) ont démontré que lorsque la largeur de gencive kératinisée et l'épaisseur du lambeau sont inférieures à 3 mm, le risque d'exposition est de 61 à 64% ; en revanche, si la largeur gingivale et l'épaisseur du lambeau sont de 4 mm ou plus, le risque d'exposition est considérablement réduit (20 à 33%).

Le port d'une prothèse amovible pendant la période de consolidation osseuse a également un effet délétère sur les tissus mous, augmentant le risque d'exposition et de résorption du volume greffé (30). Enfin, la réalisation d'une incision déportée en vestibulaire peut permettre de réduire le risque de désunion (11).

L'incidence de cette complication est variable dans la littérature : *Louis* (11) rapporte le taux le plus élevé avec 52% d'expositions, *Leong et coll.* (9) retrouvent une valeur plus faible, de 30%, pour *Fontana et coll.* elle est de 10% (3), et plusieurs auteurs n'ont pas été confrontés à ce problème (28,34).

- Troubles neurologiques

Ils sont très rares : seules 3 études ont rapporté la survenue de paresthésies transitoires du territoire labio-mentonnier, résolues en moins de deux mois (6,19,44).

1.5 Résultats

De nombreuses études sur la ROG ont été publiées, cependant nombre d'entre elles n'adoptent pas de critères de succès implantaires bien définis. Bien souvent, seul le taux de survie implantaire est renseigné, ce qui ne garantit pas le succès de la technique de régénération ni de la réhabilitation prothétique. De plus, une très grande variante de techniques, biomatériaux et membranes sont utilisés, ce qui rend difficile le travail de comparaison des résultats implantaires et de l'effet des différentes membranes ou greffons osseux. Enfin, des études avec un plus grand recul clinique sont nécessaires.

- Gain en hauteur

Dans les études analysées, un gain vertical de 3 à 8 mm a été obtenu. Cependant, *Funato et coll.* (10) ont rapporté un gain moyen supérieur à 8,6 mm avec l'utilisation de facteurs de croissance. Deux études ont obtenu un faible gain, inférieur à 3 mm (9,21).

Les protocoles en 1 ou 2 temps semblent offrir des résultats similaires en termes de gain osseux (9).

Dans une étude comparative entre des sites reconstruits avec de l'allogreffe, de l'autogreffe ou une membrane seule, selon un protocole en 1 temps, l'os autogène a permis l'obtention d'un gain osseux deux fois supérieur aux autres techniques (37). La supériorité de l'os autogène n'a cependant pas été démontrée dans d'autres études (43). Ainsi, des substituts osseux allogéniques ou xénogéniques peuvent être utilisés avec succès.

- Résorption

Diverses publications ont démontré que l'os régénéré répond à la pose des implants comme l'os natif, avec des taux de résorption péri-implantaire inférieurs à 1,5 mm la première année, répondant aux critères d'Albrektsson (37).

Anitua et coll. (21) ont mis en évidence que la résorption péri-implantaire est moindre si la mise en charge de l'implant est réalisée avant 12 mois. Par ailleurs, le type d'édentement, unitaire ou plural, ne semble pas influencer les résultats de la ROG en termes de gain osseux et résorption péri-implantaire (38).

- Taux de survie et taux de succès implantaire

D'après notre analyse, le taux de survie des implants placés dans des secteurs mandibulaires postérieurs reconstruit par ROG verticale est globalement proche de 100% ; seuls *Fontana et coll.* ont

rapporté un taux plus faible, de 93,6% (3). Ces résultats concordent avec les valeurs publiées dans la littérature où l'on retrouve généralement un taux de survie compris entre 99 et 100% (1).

Le taux de succès implantaire est plus difficile à définir, notamment parce que tous les auteurs n'examinent pas les mêmes paramètres. Ceci explique la disparité des valeurs retrouvées entre les différentes études. Le taux de succès est dans la grande majorité des cas supérieur à 90%, mais peut varier entre 58,4% et 100% (1). Néanmoins, *Bazrafshan et Darby* ont constaté qu'à 7 ans le taux de succès des implants placés en terrain régénéré était le même que celui des implants placés dans l'os natif (8). Le taux de résorption péri-implantaire serait même inférieur dans le groupe traité par ROG. *Leong et coll.* ont également obtenu des valeurs similaires à celles obtenues dans l'os natif, avec un taux de survie et de succès implantaire de 100% et 96,4% respectivement (9) .

La présence de gencive kératinisée péri-implantaire améliore le taux de succès implantaire par rapport aux sites qui n'en possèdent pas (82,1% contre 58,4%) (3).

Enfin, *Fontana et coll.* ont obtenu un taux de succès implantaire supérieur pour le groupe traité avec un protocole en 1 temps (82,5%) par rapport au groupe traité en 2 temps (66,8%) (3).

- Résultats histologiques

Plusieurs équipes ont réalisé des prélèvements osseux lors du deuxième temps chirurgical afin de mieux appréhender le processus de régénération osseuse ainsi que les caractéristiques de l'os néoformé tels la maturation, le degré de minéralisation et le contact os-implant.

Diverses études ont permis de montrer qu'il n'y a pas de différence histologique entre l'os natif et l'os néoformé (4). On a pu constater que le processus de régénération se fait de manière ascendante, de l'os natif vers la membrane, ce qui explique les temps de cicatrisation très longs dans cette technique. En effet, plusieurs auteurs ont retrouvé à 9 mois la présence d'un os néoformé dans la partie apicale et un processus de régénération encore en cours dans la portion crestale de la greffe (4,5). D'après *Tinti et coll.* un os mature est obtenu au bout de 12 mois (34).

Différents auteurs ont démontré qu'il existait une bonne intégration des particules de xénogreffe bovine au sein de la matrice osseuse lors de la réouverture du site, et que des cellules osseuses pouvaient être observées jusqu'à 9 mm de distance de l'os natif, montrant une très bonne ostéoconduction de ce biomatériau, semblable à celle de l'os autogène (28,43). La résorption des xénogreffes est cependant bien plus lente, ce qui peut être avantageux pour stabilité à long terme de l'os régénéré car le matériau présente moins de résorption que l'os autogène (43).

Pour ce qui est des allogreffes, leurs caractéristiques histologiques sont également similaires à celles de l'os autogène, notamment le pourcentage de minéralisation retrouvé à la fin de la cicatrisation (19).

Des analyses histomorphométriques ont permis de démontrer qu'en terrain régénéré le contact os-implant est similaire à celui de l'os natif (33). Il existe également une corrélation entre la densité de l'os natif et la densité de l'os régénéré. Ainsi, au contact d'un os corticalisé, l'os néoformé aura une forte densité.

Un récapitulatif des études portant sur la ROG verticale dans les secteurs mandibulaires postérieurs est présenté dans le **tableau 1** (2–6,9,16,18,19,21,28,30,33,34,42–44).

Tableau 1: études sur la ROG

Etude	Protocole	Nb sites	Nature greffon	Type membrane	Gain hauteur moyen	Résorption	Nb implants	Taux survie implantaire	Taux succès implantaire	Suivi moyen	Échecs/complications
Anitua et coll. 2013 1 courts + ROG	1 temps	72	autogène + PRGF endorect et +/- xénogreffe bovine	aucune	1-3 mm	0,55-0,84 mm (MEC <12 M) 0,8-1 mm (MEC >12 M)	58 avec ROG	98,20%		26 M	perte 1 implant avant MEC perte 1 implant après MEC
Annibali et coll. 2012	1 temps	8	autogène + allo ou xénogreffe bovine	e-PTFE	3,84 +/- 1,09 mm	0,84 +/- 1,4 mm suite MEC	16	100%	81,25%	13 M	1 exposition membrane à 4 M 1 abcès sans désunion à 6 M 1 abcès péri-implantaire à 12M
Artzi et coll. 2003	2 temps posé 1 à 9 M	7	xénogreffe bovine	titané configurée (CTM)	5-6 mm (81,2%)		14			24 M	2 expositions membrane à 4 S
Canullo et Malagnino 2008	7 mand post	xénogreffe bovine	allogreffe	titané poreuse titane (GTAM)	5,3 mm [3-9]	aucune	16	100%	100% (ostéointégration)		
Chan et coll. 2015	5			titané poreuse (TiMesh)	3,5 +/- 1,9 mm	28,2% +/- 20,4%					2 expositions membrane 1 résorption majeure greffe
Corinaldesi et coll. 2009	2 temps (n=10) 1 temps (n=1)	11 mand post	autogène (ramique)	titané poreuse (TiMesh)			28	100%		3 - 8 A	2 expositions membrane à 3-5 M: dépose -> légère résorption
Fontana et coll. 2008	2 temps posé 1 à 6 M	10	5 autogène (rétroumolaire) 5 allogreffe	e-PTFE	0,84 mm à 5 M 1,26 mm à 5 M	12 13					2 parasthésies < 2 M 1 déhiscence vestibulaire 1 désunion avec infection à 2 M: dépose mb
Fontana et coll. 2015	1 ou 2 temps	29	7 autogène (LOE) 5 allogreffe 17 autogène + xénogreffe bovine	e-PTFE renforcée titane	4 +/- 1,56 mm	0,3 mm lors MEC 0,64 mm à 1 A 0,6 mm à 6 A	75	93,60%	66,8% (2 temps) 82,1% (1 temps)	1 - 6 A	3 expositions membrane (10,3%) 2 abcès sans désunion (6,9%) perte 2 implants à 4 A
Leong et coll. 2015 ROG vs onlay	2 temps	11 mand post	allogreffe	collagène	1 mm [-1-3] (33%)					6,8 M	3 désunions
Llambés et coll. 2007	1 temps	14	autogène +/- xénogreffe bovine	collagène	3 mm (83%)	1,4 mm à 1 A suite MEC	32	100% après MEC	100% après MEC	12 M	3 sites: absence régénération 2 opérations implant à 3 M perte 2 implants à 3 S
Pieri et coll. 2008	2 temps	8 mand post	70/30: autogène + xénogreffe bovine	titané	0,12-0,88 mm à 6 M 0,88-1,5 mm à 2A	18	100%	100%	2 ans	1 parasthésie transitoire < 1 M pas de désunion	
Rocchietta et coll. 2016 ROG vs onlay	2 temps	12	autogène (ramique)	e-PTFE	4,36 mm	1 mm				6 - 10 M	1 abcès à 4 M

MEC: mise en charge
LOE: ligne oblique externe
I: implant
A: an
M: mois
S: semaine

Tableau 1: études sur la ROG

Ronda et coll. 2014	1 ou 2 temps	26	50/50: autogène + allogreffe	d-PTFE ou e-PTFE	5,49 mm (117%) 4,91 mm (120%)	78	100%	15 à 37 M	3 paresthésies transitoires < 1M pas d'exposition membrane
Simion et coll. 1994	1 temps	4 mand post	aucun	e-PTFE renforcée titane (TR-GTAM)	3-4 mm			9 M	1 abcès à 1 M
Simion et coll. 1998	1 temps	10 mand post	7 autogène 3 allogreffe	e-PTFE	3-8 mm (70-114%) 3-4 mm (100-175%)	15 7		7 - 11 M	
Simion et coll. 2007	1 ou 2 temps	10	autogène ou 50/50: autogène + xénogreffe bovine	e-PTFE	3,85 mm 3,15 +/- 1,12 mm	27		9-10 M	1 exposition membrane à 3 M
Tinti et coll. 1996	1 temps	3 mand post	autogène	e-PTFE renforcée titane (TR-GTAM)	4-7 mm	5		12 M	0

MEC: mise en charge
LOE: ligne oblique externe
: implant

A: an
M: mois
S: semaine

2) Greffe d'apposition en onlay

2.1 Principe

La greffe osseuse en onlay est la technique la plus répandue. Elle consiste en l'adaptation et la mise en place d'un greffon sur le versant crestal du défaut osseux. Celui-ci peut être placé sous la forme d'un greffon monobloc ou selon une technique de coffrage. Sa fixation au site receveur est assurée par des vis d'ostéosynthèse. Bien que répandue depuis de nombreuses années pour des reconstructions horizontales, la première étude clinique portant sur les greffes en onlay dans le cadre d'augmentations verticales n'a été publiée qu'en 2002 (45).

- Nature du greffon osseux
 - **Os autogène** : il s'agit du gold standard pour la reconstruction osseuse pré-implantaire (46,47). Lors de reconstructions de petite et moyenne étendue, la majorité des auteurs a recours à un site de prélèvement intra-oral. En effet, les prélèvements extra-oraux sont plus difficilement acceptés par les patients car ils nécessitent une anesthésie générale, une hospitalisation, et sont souvent à l'origine de plus d'inconfort post-opératoire (46). De plus, la nature membraneuse de l'os mandibulaire permet une moindre résorption du greffon par rapport à un greffon enchondral d'origine iliaque. Le prélèvement se fait généralement au niveau ramique, permettant ainsi l'abord d'un seul site opératoire, mais un greffon symphysaire peut être également utilisé (46,48). Lorsque les sites intra-oraux ne permettent pas l'obtention d'un volume osseux suffisant, un prélèvement calvarial ou iliaque peut être proposé.
 - **Allogreffe** : elle est rarement utilisée pour les greffes en onlay du fait de la fragilité des blocs osseux.
 - **Xénogreffe bovine** : comme les allogreffes, les blocs xénogéniques sont peu utilisés comme greffes en onlay car très fragiles, néanmoins *Simion* et coll. ont réhabilité des secteurs mandibulaires postérieurs avec des xénogreffes bovines associées au facteur de croissance rh-PDGF-BB avec des résultats prometteurs (49). Divers auteurs l'utilisent sous forme de particules autour d'un greffon autogène afin de combler les espaces résiduels et d'adoucir les contours du greffon (45,47).
 - **Hydroxyapatite synthétique** : un seul cas a décrit l'utilisation de blocs d'hydroxyapatite pour des greffes en onlay verticales, avec de bons résultats (50).

2.2 Technique chirurgicale

L'intervention peut se dérouler sous anesthésie générale en cas de reconstructions bilatérales ou étendues (51), mais elle est généralement réalisée sous anesthésie locale, associée ou non à une sédation orale ou intraveineuse (45,46,51).

- Technique classique

Une incision est réalisée au niveau crestal et intrasulculaire des dents adjacentes à l'édentement, suivie d'un décollement muco-périosté. Des incisions de décharge proximales peuvent être réalisées afin d'augmenter la laxité du lambeau vestibulaire (46). Le site receveur est cureté afin d'éliminer tout tissu fibreux et préparé à travers la réalisation de micro-perforations de la corticale osseuse à l'aide d'une fraise boule ou fissure, afin de promouvoir la vascularisation du greffon (45,48). En présence d'une corticale très épaisse, certains auteurs conseillent même de procéder à une décortication (52,53). Le greffon est ensuite découpé et adapté au site à reconstruire, puis stabilisé à l'aide de vis d'ostéosynthèse en titane. Il convient d'élargir les trous de forage au niveau du greffon afin de permettre aux vis d'ostéosynthèse de le traverser sans résistance (48). Des copeaux osseux sont mis en place autour du greffon afin d'adoucir ses contours. Ceux-là peuvent être obtenus par curetage du site receveur, mais de la poudre d'os xénogénique ainsi que des substituts osseux synthétiques tels le β -TCP, peuvent également être utilisés (45,47,54). Afin d'obtenir un recouvrement sans tension de la greffe, des incisions périostées sont réalisées en vestibulaire et un décollement du versant lingual jusqu'à la ligne mylo-hyoïdienne permet d'augmenter la laxité du lambeau (46,53).

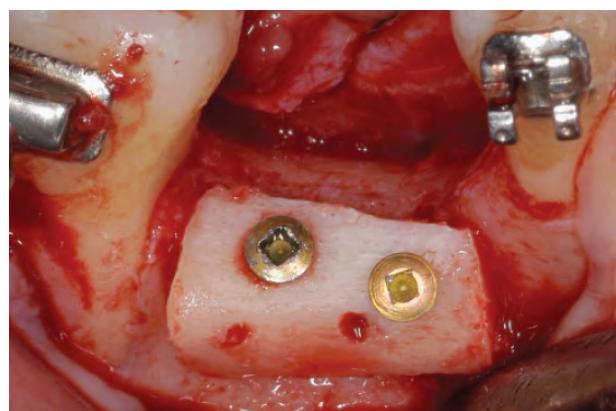


Figure 4 : greffe en onlay monobloc avec un greffon ramique (55).

Certains auteurs préconisent l'utilisation d'une membrane afin de contenir les copeaux osseux, protéger la greffe et limiter sa résorption (48,54,55).

- Technique du coffrage

Cette technique découle des principes de cicatrisation des greffes osseuses. En effet, le succès de l'intégration d'une greffe d'apposition réside dans la vitesse et la qualité de sa revascularisation par l'hôte, afin de permettre une néoformation osseuse et d'éviter une nécrose et une résorption du greffon. L'os spongieux, peu dense, est aisément pénétré par les vaisseaux de l'hôte mais est plus sujet à une résorption précoce. Avec un os cortical, tel l'os ramique, la revascularisation est moins bonne, ce qui limite la résorption précoce de la greffe mais expose le patient à une résorption tardive, suite à la mise en fonction des implants (56,57).

Khoury et coll. ont proposé une technique se rapprochant d'une régénération osseuse dans laquelle le rôle de membrane est joué par de fines lames corticales (56). Un greffon d'origine ramique va être séparé selon son grand axe en deux lames corticales, qui seront affinées par la suite grâce à un moulin à os. Ces deux corticales pourront alors être placées verticalement au niveau vestibulaire et lingual, afin de servir de rempart latéral à la reconstruction. Une tranchée vestibulaire, creusée au niveau de la ligne oblique externe, permet une meilleure stabilisation du greffon vestibulaire, fixé par des vis d'ostéosynthèse ; la fixation du greffon lingual est généralement assurée par une vis le reliant au premier greffon (57,58). L'espace créé entre les deux corticales sera ensuite comblé par de l'os spongieux. Selon les auteurs, un troisième greffon cortical pourra être placé horizontalement sur les deux premiers, formant un couvercle (58). En fonction de la morphologie du site, les lames corticales peuvent être placées uniquement au niveau crestal et vestibulaire (51). L'avantage de cette technique est que la greffe, de nature essentiellement spongieuse, sera aisément revascularisée, tout en étant protégée de la résorption par les lames corticales (51,59).

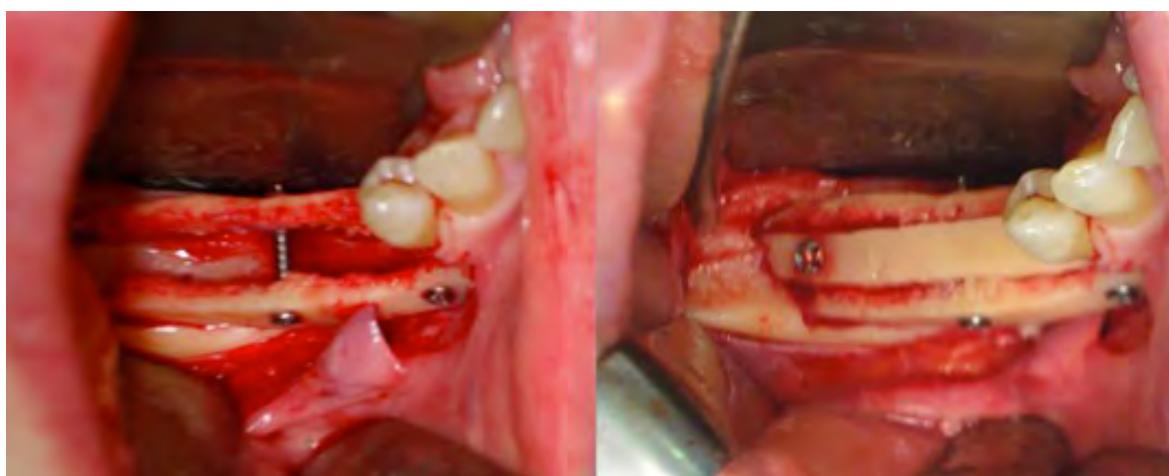


Figure 5 : technique de coffrage avec un greffon pariétal (58).

- Technique de tunnélisation

Afin de préserver au maximum la vascularisation du site et de réduire le risque de désunion post-opératoire et de résorption, divers auteurs ont proposé la réalisation de greffes en onlay par tunnélisation. Pour cela, seules une à deux incisions verticales vestibulaires sont réalisées, de part et d'autre du site à reconstruire, puis on procède à un décollement sous-périosté au niveau vestibulaire et crestal afin de relier les deux incisions et exposer la zone (51,59). Une greffe monobloc ou une greffe en coffrage peuvent ensuite être réalisées. Cette technique mini-invasive permet de diminuer les suites opératoires pour les patients ; cependant, elle est plus exigeante d'un point de vue technique et ne peut s'appliquer à tous les défauts osseux, notamment aux cas où l'anatomie du site est complexe et ne permettrait pas la levée complète du lambeau (59).



Figure 6 : technique de tunnélisation. Une corticale est placée horizontalement au-dessus de la crête, puis l'espace créé est comblé par des particules osseuses. Une deuxième corticale est placée en vestibulaire afin de contenir les copeaux osseux (51).

Prochainement, le développement et la démocratisation d'outils de conception et fabrication assistée par ordinateur permettront de rendre ces interventions de moins en moins invasives, en confectionnant des greffons osseux sur mesure à partir d'un projet informatique comme décrit par *Figliuzzi et coll.*

Le deuxième temps chirurgical se déroule 4 à 8 mois suite à la greffe et permet l'ablation des vis d'ostéosynthèse et la pose des implants (45). Cette dernière peut être réalisée à l'aide d'un guide chirurgical (45). Certaines équipes réalisent la pose des implants à 4 mois et une mise en charge précoce de ces derniers à 2 mois, permettant une réduction de la durée de traitement à 6 mois (48).

➤ Critères de réussite :

- la préparation du site receveur : il a été démontré qu'en l'absence de préparation du site receveur le risque de résorption est augmenté. La réalisation de perforations voire d'une décortication permet une meilleure revascularisation et intégration du greffon (53,60)
- privilégier l'utilisation de blocs cortico spongieux ou d'une technique de coffrage : l'os spongieux pur ne présente pas assez de résistance mécanique (61), tandis que l'os cortical est trop difficilement revascularisable
- une surcorrection du défaut osseux permet de pallier la résorption de la greffe (46,61) ; ceci est plus facile à mettre en œuvre lors de l'utilisation de prélèvements extra oraux ou d'os de banque car on est moins limité en quantité
- une bonne adaptation et immobilisation de la greffe permettent une bonne revascularisation de celle-ci, et évitent des micro-mouvements pouvant être responsables d'un défaut de consolidation ou de l'interposition de tissu conjonctif entre la greffe et l'os natif ; on considère qu'au minimum deux vis sont nécessaires pour assurer une fixation rigide du greffon (45,52,60,62)
- une suture sans tension du site est l'une des plus importantes conditions de succès de la greffe en onlay (9,63) ; de même, une incision déportée en vestibulaire permettrait de réduire le risque de désunion
- le port d'une prothèse amovible doit être évité dans les 8 semaines suivant la greffe car ceci peut favoriser une désunion du lambeau et accélérer la résorption osseuse (61,63); pour certains auteurs, l'interdiction est formelle pendant toute la durée de cicatrisation (48).

2.3 Indications et limites

- Indications

La greffe en onlay est une technique polyvalente, pouvant être employée pour des reconstructions de petite et grande étendue et pour différents degrés d'augmentation verticale. Elle peut être indiquée lorsque le gain en hauteur souhaité est supérieur à 4 mm (48), et permet une augmentation jusqu'à 7-8 mm (55,58). Enfin, elle permet la correction de tous types de résorptions : verticales, horizontales ou mixtes.

- Limites

La technique de greffe en onlay n'est pas adaptée aux situations où la distance inter-arcades est réduite car elle accentuerait l'insuffisance de hauteur prothétique. Cette technique demande une durée de cicatrisation d'environ 6 mois, ce qui allonge le temps de traitement global. Enfin, le port d'une prothèse amovible est déconseillé pendant la durée de cicatrisation (46,55).

2.4 Complications et échecs

- **Complications per-opératoires**

Les complications per-opératoires de la greffe en onlay sont peu fréquentes. Il s'agit essentiellement de complications osseuses, muqueuses, dentaires ou nerveuses communes à tous les types de reconstructions osseuses.

- Osseuses

Il peut s'agir d'un prélèvement osseux insuffisant ou d'une réduction excessive de la taille du greffon lors de sa préparation. Cette difficulté est aisément évitée par une planification rigoureuse et une anticipation du volume à reconstruire. Lors de la technique du coffrage, il faudra veiller à ne pas amincir de façon excessive les lames osseuses afin d'éviter leur fracture ou des difficultés pour les fixer au site receveur, comme décrit par *Restoy-Lozano et coll.* (51,63).

- Muqueuses

Un tracé d'incision incorrect, un mauvais positionnement du lambeau, une perforation de celui-ci ou une insuffisance de laxité peuvent compliquer l'intervention et son résultat. Il faudra veiller à manipuler les tissus mous de façon atraumatique et à préserver au maximum le périoste afin de ne pas compromettre la vascularisation du site (63).

- Dentaires

La position des racines des dents adjacentes doit être évaluée lors du bilan tridimensionnel pré-opératoire afin d'éviter leur lésion lors du forage et de la mise en place des vis d'ostéosynthèse (63).

- Nerveuses

Un étirement du nerf mentonnier lors du décollement muqueux ou une effraction du canal alvéolaire inférieur lors de la mise en place des vis d'ostéosynthèse peuvent être responsables de troubles de la sensibilité labio-mentonnière post-opératoires (63). Néanmoins, aucun cas d'effraction du canal alvéolaire n'a été décrit dans notre analyse.

- **Complications post-opératoires**

Les suites de cette intervention sont le plus souvent marquées par un œdème, des douleurs, et des ecchymoses de courte durée (46,55).

- Exposition de la greffe et du matériel d'ostéosynthèse

La désunion du site est la complication la plus fréquente des greffes en onlay, pouvant survenir dans les jours, semaines ou mois suivant l'intervention (53). La partie exposée de la greffe ne sera pas revascularisée et va se transformer en séquestre osseux, tandis que, dans la majorité des cas, l'os sous-jacent demeure vital (63).

En cas d'exposition précoce, dans les trois premiers jours suivant la greffe, une fermeture du site peut être tentée ; néanmoins, le risque d'infection n'est pas négligeable puisqu'une contamination bactérienne de la zone a déjà eu lieu (61). Au-delà de la première semaine, une réintervention visant à rapprocher les berges est souvent peu efficace, avec une tendance à la récidive de la désunion (45). Lorsque l'exposition osseuse est peu étendue et en l'absence de signes infectieux, des soins locaux à base de chlorhexidine peuvent s'avérer suffisants, et l'instauration d'une antibiothérapie n'est pas systématiquement nécessaire (61,63). Des fermetures spontanées ont été rapportées par divers auteurs suite à des applications topiques d'antiseptiques (48). Un fraisage ou des micro perforations de la zone exposée peuvent être également réalisés jusqu'à l'obtention d'un saignement, afin de favoriser un bourgeonnement permettant un recouvrement du site. Cette opération peut être répétée dans les jours suivants jusqu'à la fermeture complète du site (51,61). En cas d'échec, un curetage du site et de l'os nécrosé peut être envisagé. Si l'exposition persiste malgré tout, une simple surveillance pourra être instaurée afin de détecter précocement une infection de la zone (61).

En cas d'exposition d'une tête de vis et notamment en cas de mobilité de celle-ci, sa dépose doit être réalisée dès que la greffe est suffisamment stable, afin d'éviter la migration bactérienne le long du matériel (63). De même, en cas d'exposition étendue d'une membrane non résorbable, celle-ci doit être déposée précocement afin de ne pas compromettre le résultat de la reconstruction (55).

Le moment de survenue de la désunion va conditionner le succès de la greffe : plus l'exposition de la greffe est précoce, plus le risque d'infection et de nécrose est important car le greffon n'est pas encore bien vascularisé (45,47).



Figure 7 : exposition d'une greffe en onlay à 10 jours post-opératoires (58).

Une suture sous tension du site, le port d'une prothèse amovible, une faible profondeur vestibulaire, ainsi que d'importantes tensions exercées par la musculature environnante sont des facteurs favorisant une exposition du site greffé. De même, les incisions placées sur la crête alvéolaire sont plus à risque de désunion post-opératoire, ce qui explique l'intérêt des techniques de tunnélisation (51,63). *Proussaefs et Lozada* ont décrit l'échec complet d'une greffe suite à son exposition à deux semaines post-opératoires, lorsque le patient s'est remis à porter sa prothèse amovible (47).

- Infection du site

Une infection du site greffé est assez rare ; elle peut survenir spontanément ou suite à une désunion. Une antibiothérapie adaptée et une surveillance rapprochée doivent être instaurées, mais en l'absence d'une régression rapide des symptômes et d'un contrôle de l'infection la greffe devra être déposée (51,61,63).

- Résorption de la greffe

Elle est généralement peu marquée en l'absence de complications post-opératoires (inférieure à 20%), mais sera accentuée en cas d'exposition ou d'infection de l'os greffé. La résorption de l'os greffé est difficilement prédictible, néanmoins, il a été démontré qu'elle est maximale au cours de la première année suivant la reconstruction osseuse et a tendance à diminuer dans la première année suite à la pose des implants (45,61). *Roccuzzo et coll.* ont décrit deux cas de résorption majeure de la greffe sans infection ou désunion (55).

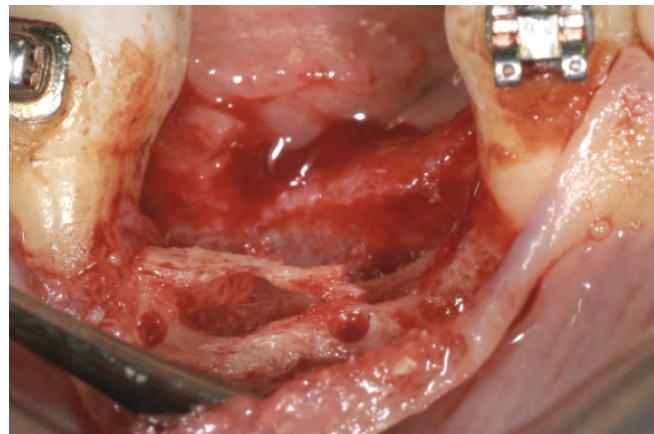


Figure 8 : résorption importante d'une greffe en onlay à 5 mois, sans désunion (55).

Afin de limiter le risque de résorption, le clinicien peut jouer sur plusieurs paramètres : l'utilisation d'un os de type membraneux, tel l'os mandibulaire, moins sujet à la résorption que l'os enchondral d'origine iliaque ; une bonne stabilisation du greffon, permettant d'éviter les micromouvements responsables de la résorption osseuse, et une surcorrection du défaut osseux afin d'anticiper ce phénomène (46,61).

L'intérêt de l'utilisation d'une membrane a été souligné par les travaux de *von Arx et Buser* sur les greffes en onlay horizontales ; ils ont en effet démontré que leur taux de résorption était largement diminué lorsqu'elles étaient recouvertes de particules xénogéniques bovines et d'une membrane collagénique (64). La même constatation a été faite par d'autres équipes avec l'utilisation de membranes non résorbables (48,55,65). Enfin, *Maiorana et coll.* ont recouvert des greffes en onlay horizontales avec des particules de xénogreffe bovine, sans membrane, afin de compenser la résorption naturelle causée par le remodelage osseux. Ils ont constaté deux fois moins de résorption avec cette technique, ainsi qu'une amélioration de la qualité osseuse (66). Au cours d'une étude comparant la résorption de greffes en onlay recouvertes ou non par des membranes titane, *Roccuzzo et coll.* ont constaté une absence de résorption lors de l'utilisation d'une membrane, sauf dans un cas d'exposition majeure (55).

- Insuffisance d'intégration de la greffe

Cette complication découle d'une insuffisance de revascularisation du greffon. Elle se manifeste le plus souvent par une zone de nécrose superficielle, la présence de tissu conjonctif à l'interface entre l'os greffé et l'os natif, voire par un déplacement de la greffe lors de la préparation du site implantaire (47,55). Ceci peut être expliqué par un contact insuffisant entre la greffe et le site receveur (en cas de mauvaise adaptation du greffon), par une instabilité de la greffe, notamment lorsqu'une seule vis de fixation est utilisée, ou par l'utilisation de greffons très corticalisés, peu perméables à la néovascularisation (45,47,48,60). *Proussaefs et coll.* proposent de maintenir la greffe

avec 2 doigts au moment de la pose de l'implant ; la préparation du site doit également se faire en respectant la séquence de forage afin d'éviter l'application de contraintes excessives sur la greffe (45).

- Troubles neurologiques

Une lésion du nerf alvéolaire inférieur ou du nerf mentonnier peut survenir lors de la mise en place des vis d'ostéosynthèse et de la manipulation du lambeau, mais cette complication semble très rare. De plus, l'incidence réelle de ces troubles sensitifs est difficile à évaluer car dans la majorité des cas le prélèvement ramique est réalisé du même côté que la greffe. Dans notre analyse, la grande majorité des atteintes labio-mentonnières retrouvées est transitoire ; une seule hypoesthésie permanente a été rapportée sur l'ensemble des patients (67). L'utilisation d'un piezotome lors du prélèvement permet de limiter la survenue de cette complication (51). Lors de la technique de tunnélisation proche de la région prémolaire, une dissection du nerf mentonnier doit être réalisée, ce qui peut entraîner des dysfonctions neurosensorielles. *Restoy-Lozano et coll.* ont ainsi rapporté la plus grande quantité de troubles transitoires avec une atteinte de près de 30% des sites.

2.5 Résultats

- Gain en hauteur

La majorité des études rapportent des gains en hauteur compris entre 4 et 6 mm. Seuls *Cordaro et coll.* ainsi que *Leong et coll.* ont obtenu des gains moyens inférieurs à 2 mm (9,46). L'étude présentant les plus grandes augmentations verticales a été publiée par *Tulasne et coll.*, avec des reconstructions moyennes de 7,8 mm (58).

- Résorption

Les taux de résorption rapportés dans la littérature sont très variables : *Cordaro et coll.* ont décrit la perte de 41,5% du volume de la greffe, *Proussaefs et coll.* 17%, tandis que dans une étude menée par *De Stavola et Tunkel* la résorption osseuse était proche de 0 (45,46,59). Ces auteurs avaient eu recours à un prélèvement intra-oral, ramique ou symphysaire. *Felice et coll.* ont été confrontés à un taux de résorption important avec un greffon d'origine iliaque, avec une perte osseuse initiale de 2,7 mm, soit 40% du volume augmenté (67). L'équipe de *Roccuzzo* a, quant à elle, mis en évidence que l'utilisation d'une membrane titane peut permettre de diminuer significativement le taux de résorption des greffes en onlay, même en cas de désunion du site (13,5% contre 34,5%) (55).

L'analyse des études présentant un suivi à moyen terme permet de confirmer que le taux de résorption a tendance à diminuer et à se stabiliser avec le temps, avec des résultats compatibles avec les critères d'Albrektsson (51,67,68).

- Taux de survie et taux de succès implantaire

Toutes les études analysées étudiant ces paramètres présentent des taux de survie implantaire de 100%, à l'exception de la publication de *Tulasne et coll.*, où celui-ci est de 97,7% à plus de 4 ans. Le taux de succès implantaire varie quant à lui de 86,6% à 100%. Ces valeurs sont assez proches de celles obtenues avec des implants posés dans l'os natif (48). Cependant, ces résultats doivent être nuancés car peu d'études présentent un suivi supérieur à un an, et que les valeurs les plus faibles sont celles rapportées par les études possédant le plus de recul.

- Résultats histologiques

Peu d'analyses histologiques ont été réalisées sur les greffes en onlay verticales. *Proussaefs et coll.* ont constaté, à l'issue de la période de cicatrisation d'une greffe autogène ramique, que le remodelage osseux se fait de façon centrifuge, les zones situées à la périphérie présentant une moindre néoformation osseuse (45).

Plusieurs publications ont étudié l'utilisation de particules de xénogreffe bovine placées autour d'un greffon autogène. À l'issue de la période de cicatrisation des particules résiduelles peuvent être retrouvées, surtout à la périphérie du site, mais semblent néanmoins bien intégrées (45,47). De même, des blocs d'hydroxyapatite synthétique utilisés en apposition verticale semblent présenter des résultats satisfaisants en termes d'intégration et néoformation osseuse (50).

L'analyse histologique de sites ayant subi une exposition précoce de la greffe montre que la couche osseuse la plus superficielle se nécrose, mais que l'os sous-jacent demeure vital (47). En revanche, dans les sites exposés tardivement, à 2 ou 3 mois, aucun signe histologique de nécrose n'a été retrouvé, et le volume greffé initialement a été conservé (45).

Un récapitulatif des études portant sur la greffe en onlay verticale dans les secteurs mandibulaires postérieurs est présenté dans le **tableau 2** (9,18,45–48,51,55,58,59,67–69).

Tableau 2: études sur la greffe en onlay

Etude	Nb sites	Technique	Nature greffon	Gain hauteur moyen	Résorption	Nb implants	Taux survie implantaire	Taux succès implantaire	Suivi moyen	Echecs/compllications
Chiapasco et coll. 2007 onlay vs. DO	8	monobloc	autogène (ramus)	4,6 mm	0,6 mm lors pose implants 0,9 mm à 1 A 1,1 mm à 4 A	19	100%	89,50%	4 ans	2 paresthesiaes transitoires 1 paresthesia permanente 1 exposition avec perte partielle greffe à 2 M
Cordaro et coll. 2002	5 mand post	monobloc	autogène (ramus) ou symphise	1,4 +/- 0,2 mm	41,5% lors pose implants	10	100%	100%	12 M suite MEC	0
De Stavola et Tunkel 2013	3 mand post	tunnélisation coffrage	autogène (ramus)	5 - 6 mm	0 - 0,5 mm	5	100%	100%	12 M suite MEC	0
Elo et coll. 2009 onlay vs. DO	17	monobloc	autogène (1 tibiale, 11 iliaques, 5 ramiques)			46		97%	36 M	3 échecs implantaires
Felice et coll. 2009 onlay vs. inlay	10	monobloc	autogène (iliaque)	6,5 mm	2,7 mm lors pose implants 0,85 mm à 18 M	23	100%	86,90%	18 M suite MEC	2 désunions à 2 et 3 S 1 infection vis avec résorption majeure greffe à 2 S 1 hypoesthésie transitoire 1 hypoesthésie permanente
Leong et coll. 2015 onlay vs. ROG	9	monobloc	allogreffe	1,78 mm (44,5%)				6,8 M	7 désunions (77,8%)	1 échec complet greffe
Proussaefs et coll. 2002	5 mand post	monobloc	autogène (ramus) + xenogreffe en poudre	4 - 6 mm	17% lors pose implants	8		4 - 8 M	2 expositions greffe dont 1 échec complet	
Proussaefs et Lozada 2005	8 mand post	monobloc	autogène (ramus) + ou symphise) + xenogreffe en poudre	4 mm [4-6]	17% lors pose implants	11		4 - 9 M	2 expositions greffe dont 1 échec complet 1 déplacement greffe lors pose implants	
Restoy-Lozano et coll. 2015	50	tunnélisation coffrage	autogène (ramus)	5,2 +/- 1,4 mm	17,4% suite MEC 0,8 mm à 1 A 0 mm à 3-4 A	96	100%	32,9 M suite pose I	2 échecs complets 16 dysesthésies transitoires 1 infection à 3 S 3 expositions vis 5 expositions mineures greffe	

Tableau 2: études sur la greffe en onlay

Rocchietta et coll. 2016 onlay vs. ROG	12	monobloc + mb e-PTFE	autogène (ramus)	2,91 mm	0,3 mm	6 à 10 M	0
Roccuzzo et coll. 2004	9 mand post	monobloc + mb titane	autogène (ramus ou symphise)	4 - 6 mm	21	100%	6 - 7 M 1 exposition membrane à 2 M sans échec greffe
Roccuzzo et coll. 2007	10 4	monobloc monobloc + mb titane	autogène (ramus)	4 - 7 mm 4 mm	34,50% 13,50%	6 M	1 exposition majeure mb titane 3 intégrations incomplètes 1 déplacement greffe lors pose I 3 résorptions majeures 1 parésthèse transitoire
Tulasne et coll. 2012	55	monobloc	autogène (cavarial)	7,8 mm [4-14]	97,70%	86,60%	4,3 A 6,5% hypoesthésies 4,2% déchecs (résorption)

3) Greffe en inlay ou greffe sandwich

3.1 Principe

La greffe en inlay, ou ostéotomie d'expansion immédiate, consiste en la réalisation d'une ostéotomie horizontale suivie de la mobilisation du fragment osseux crestal. Dans l'espace créé entre les deux fragments, un greffon osseux est interposé puis stabilisé par des mini-vis et des mini-plaques. Cette technique a été initialement utilisée par *Schettler* en 1976 dans le secteur mandibulaire antérieur, puis, dix ans plus tard, par *Egbert* et coll. afin d'améliorer la stabilisation de prothèses amovibles complètes mandibulaires ; il a fallu attendre 2006 pour voir la première application pré-implantaire de la greffe en inlay dans les secteurs mandibulaires postérieurs par *Jensen* et coll. (70-72).

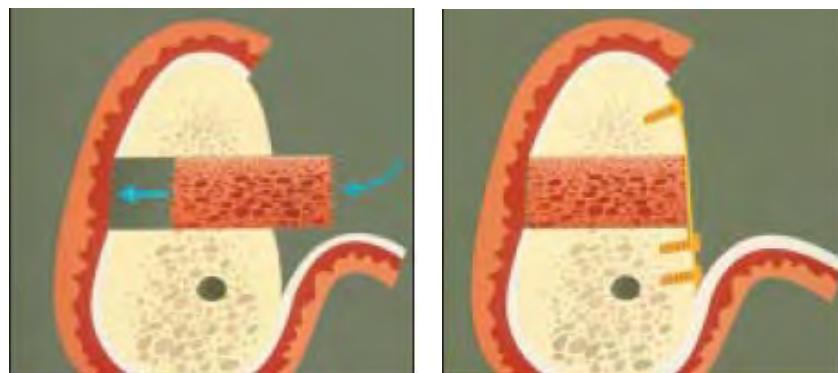


Figure 9 : principe de la greffe en inlay ou greffe sandwich (73).

- Nature du greffon osseux

Divers matériaux peuvent être utilisés comme greffe d'interposition : classiquement, on utilise un bloc d'os autogène, qui représente le gold standard, mais divers substituts osseux ont été employés avec succès dans la littérature.

- **Os autogène** : le prélèvement autogène est le plus souvent réalisé aux dépens de la ligne oblique externe ou du ramus mandibulaires (72,74,75), ce qui permet d'avoir un seul site opératoire et de diminuer considérablement la morbidité du geste (76). Plus rarement, la symphyse mandibulaire peut être utilisée (77). Les prélèvements intra-oraux sont les prélèvements de choix lorsque l'on souhaite reconstruire des zones édentées allant jusqu'à 4 dents (78). Certaines équipes utilisent des greffons iliaques (73,79,80), mais ce prélèvement est contraignant car il nécessite une anesthésie générale et une hospitalisation. De plus, il est plus douloureux et plus coûteux pour le patient (80).

- **Allogreffe** : un bloc d'os allogénique peut également être employé avec succès (81,82).

- **Xénogreffe** : la xénogreffe bovine, sous forme de bloc ou de poudre d'os, est la plus communément utilisée (83). Cependant, deux équipes ont étudié l'utilisation d'une xénogreffe équine afin de pallier la fragilité des xénogreffes bovines. Le biomatériau d'origine équine a été utilisé avec succès dans des greffes en inlay, et était suffisamment résistant pour permettre son modelage et assurer une stabilité de la greffe sans utiliser de matériel d'ostéosynthèse (84,85).

- **Matériaux synthétiques** : de l'hydroxyapatite non céramique (74,86,87) et de l'hydroxyapatite poreuse enrichie en magnésium (88) ont été utilisées avec succès. Cette dernière présente une meilleure ostéoconduction, un plus grand taux d'os néoformé et une résorption plus rapide qu'une xénogreffe bovine. Ces substituts osseux existent sous forme de granules ou de pâte (*putty*), plus facile d'emploi.

3.2 Technique chirurgicale

L'intervention peut être pratiquée sous anesthésie locale (86) ou générale (73).

Une incision de pleine épaisseur est réalisée sous la ligne muco-gingivale, complétée par une incision de décharge antérieure ; une dissection sous-périostée est ensuite réalisée en direction crestale. Aucun décollement n'est réalisé au niveau du sommet de la crête alvéolaire et du versant lingual afin de préserver l'apport sanguin du fragment osseux ostéotomisé, qui demeure ainsi pédiculé au périoste (82,89). En cas d'intervention dans le secteur prémolaire, l'émergence du nerf mentonnier est mise en évidence afin de le protéger. L'ostéotomie est d'allure trapézoïdale : un trait basal est tracé au moins 2 mm au-dessus du canal alvéolaire inférieur (86), puis deux traits verticaux sont ensuite réalisés, en mésial et en distal du site à reconstruire. Il convient de réaliser ces traits légèrement divergents en direction crestale afin de ne pas gêner l'ascension du fragment osseux. Par ailleurs, le trait mésial doit être placé au minimum à 2 mm de distance de la racine de la dent adjacente (73). La corticotomie est réalisée à l'aide d'une scie oscillante, d'une fraise ou d'un piezotome sous irrigation abondante, et ne doit pas être transfixiante. L'ostéotomie du versant lingual est finalisée à l'aide d'ostéotomes fins ou au piezotome, et doit être atraumatique pour le périoste lingual. Une fois le fragment crestal élevé, un greffon osseux est taillé, adapté, puis interposé dans l'espace créé. Des miniplaques ou des minivis viennent stabiliser l'ensemble, et des copeaux osseux sont mis en place afin de combler les espaces résiduels (86). Certaines équipes n'utilisent pas de matériel d'ostéosynthèse de façon systématique, notamment lorsque le greffon interposé dans le site d'ostéotomie a une stabilité suffisante (72,78,79). Ceci permet d'éviter tout risque de fracture du fragment crestal lors de la mise en place des mini-plaques ou mini-vis (84). Il est également possible de réaliser cette technique sans interposer de bloc osseux, mais en comblant

l'espace par des particules osseuses. Dans ce cas, les mini-plaques d'ostéosynthèse sont mises en place dans un premier temps, afin de maintenir le fragment crestal à la hauteur désirée (83). Enfin, une membrane résorbable peut être mise en place afin de recouvrir le site greffé (77,78).



Figures 10 et 11 : greffe en inlay avec un greffon ramique (gauche) (76) ; utilisation d'un bloc allogénique (droite) (81).

Une variante de cette technique a été décrite par *Yeung et coll.* : un trait d'ostéotomie vertical mésial est réalisé, puis un trait apical, oblique, rejoint la crête osseuse en arrière, formant un L. L'ostéotomie de la zone postérieure est volontairement incomplète, afin de créer une fracture en bois vert lors de l'élévation du fragment crestal. Cette technique permet de conférer une stabilité à l'ensemble puisque le segment crestal n'est pas entièrement mobilisé, et l'utilisation de miniplaques ou minivis n'est pas nécessaire (90).



*Figure 12 : technique d'ostéotomie décrite par *Yeung et coll.* (90).*

L'équipe de *Triaca* a également proposé une variante de cette technique en réalisant une double ostéotomie en sandwich : une fois l'ostéotomie du segment osseux réalisée selon la technique classique, celui-ci va être luxé en lingual. Il va ensuite dédoublé afin d'obtenir un fragment

crestal, constituant le toit du défaut osseux, et un fragment constituant la paroi linguale. Cette technique permet la création d'un défaut osseux à trois parois vascularisées (91).



Figure 13 : technique de greffe en inlay développée par Triaca (91).

La pose des implants est réalisée 3 à 6 mois après, sous anesthésie locale ; l'ablation du matériel d'ostéosynthèse est réalisée dans le même temps (74,81). Nombreux auteurs réalisent cette étape avec des guides chirurgicaux (73,78,86). La mise en charge implantaire est quant à elle réalisée 6 mois plus tard.

➤ Critères de réussite :

Divers paramètres doivent être respectés lors de l'intervention chirurgicale afin d'éviter toute complication et d'obtenir de bons résultats :

- respect de l'intégrité périoste linguale afin de maintenir une bonne vascularisation du fragment crestal
- conservation d'une hauteur minimale du fragment crestal (> 3 mm) afin d'éviter sa fracture ou sa résorption (92)
- réalisation de traits verticaux divergents en direction crestale afin de pouvoir bien mobiliser le fragment osseux
- ne pas dépasser en hauteur la jonction amélo-cémentaire car toute greffe au-dessus de ce niveau se résorbera (83)

3.3 Indications et limites

- Indications

La greffe en inlay est indiquée pour la reconstruction de défauts osseux verticaux modérés (72), bien que des gains jusqu'à 12 mm aient déjà été rapportés (78). Cette technique permet d'améliorer le rapport couronne/racine et l'esthétique de la réhabilitation prothétique.

- Limites

La greffe en inlay n'est adaptée qu'à la reconstruction de défauts verticaux purs. Une hauteur minimale de 5-6 mm au-dessus du nerf alvéolaire inférieur (NAI) est nécessaire pour éviter des lésions de celui-ci, des fractures du rebord basilaire ou du fragment coronaire, ainsi qu'une résorption de ce dernier. Une hauteur de 6 mm permet de conserver une marge de sécurité de 2 mm vis-à-vis du NAI et de disposer d'un fragment coronaire de 4 mm de hauteur (67,73,89). Quelques auteurs ont cependant réussi à traiter avec succès des cas présentant seulement 3 mm de hauteur (72,78). Le gain en hauteur est limité par la laxité du pédicule lingual : celui-ci peut être étiré de 5 à 8 mm en moyenne. Une mise en tension excessive du périoste lingual peut entraîner une diminution de la vascularisation, une désunion, une résorption excessive, voire une perte de la greffe (82). Il est difficile de mettre en œuvre cette technique lors du traitement d'édentements unitaires encastrés car les dents résiduelles rendent la réalisation des ostéotomies délicate. Enfin, en cas d'espace prothétiquement utilisable réduit, cette technique n'est pas adaptée.

3.4 Complications et échecs

- Complications per-opératoires

- Lésions nerveuses

La difficulté technique majeure de cette intervention est la préservation du NAI lors de l'ostéotomie horizontale (78). Afin de diminuer ce risque, sa position est repérée lors du scanner pré-opératoire, et un contrôle radiologique per-opératoire peut être réalisé afin de vérifier que le trait d'ostéotomie horizontal respecte la marge de sécurité nécessaire (72). *Felice* et coll. ont également proposé l'utilisation d'un guide chirurgical pour le tracé des ostéotomies (93).

- Fracture du greffon

Cette complication survient essentiellement avec des substituts osseux, notamment les blocs xénogéniques bovins qui sont fragiles et difficiles à manipuler. *Felice* et coll. ont été confrontés à la fracture per-opératoire de 3 greffons ; dans deux cas, aucune augmentation osseuse n'a été obtenue (94).

- Fracture du fragment crestal

La survenue d'une fracture du fragment crestal est rare ; on la retrouve surtout lorsque celui-ci est trop fin (moins de 3 mm) (80).

- Lésion du périoste et de la muqueuse linguale

Celle-ci peut être causée par les instruments de découpe ou les ostéotomes. Cette complication peut mettre en jeu le pronostic de la greffe par diminution de l'apport vasculaire et par accentuation du risque de désunion et d'infection à l'endroit de la perforation (92).

- **Complications post-opératoires**

- Troubles neurologiques

Des troubles sensitifs de la région labio-mentonnière sont une complication assez fréquente de la greffe en inlay. Il s'agit pour la plupart d'hypoesthésies ou paresthésies transitoires. Dans une étude menée par *Jensen* et coll. tous les patients ont présenté des troubles neurologiques ; dans cette étude, des greffes ont été réalisées chez des patients présentant des crêtes très résorbées, avec des hauteurs résiduelles de 3 mm (72). *Felice* et coll. ont retrouvé 67% d'hypoesthésies de courte durée, tandis que pour *Bormann* et coll. ce taux était plus faible, proche de 22% (78,95). *Marchetti* et coll. n'ont retrouvé aucun trouble sensitif dans leur série de patients ; ceci peut être expliqué par le fait que les cas traités avaient au moins 6 mm de hauteur au-dessus du canal alvéolaire inférieur (73). Une seule hypoesthésie permanente a été retrouvée dans notre analyse (79). Cette complication est le plus souvent due non pas à une lésion per-opératoire du NAI mais à la rétraction du lambeau, qui met en tension le nerf mentonnier.

- Désunion du site

Cette complication est peu fréquente car l'incision et les sutures sont réalisées dans la muqueuse libre, bien plus élastique que la gencive kératinisée crestale, ce qui permet des sutures sans tension (78). Ainsi, en cas de désunion, celle-ci est le plus souvent située sur le versant vestibulaire et non sur la crête ; le fragment crestal reste donc bien vascularisé et le risque de résorption est moins important. Cette complication est plus fréquente à la mandibule du fait de sa faible vascularisation

(83). D'après notre analyse, la survenue d'une désunion ou exposition ne se complique généralement pas d'une infection et ne compromet pas la thérapeutique implantaire (79). Des soins locaux antiseptiques sont souvent suffisants pour permettre une fermeture complète du site (83).

- *Exposition du matériel d'ostéosynthèse*

Cette complication peut survenir précocement, dans les premières semaines suivant la greffe (83), ou après plusieurs mois (72,77). Un débridement local peut permettre une cicatrisation sans compromettre la greffe osseuse (73).

- *Complications infectieuses*

Elles peuvent être chroniques ou aiguës, sous forme d'un abcès. En cas de formation d'une collection, celle-ci doit être immédiatement drainée (75). Des soins locaux peuvent être réalisés, mais une infection du site entraîne généralement une résorption au moins partielle du site greffé (94). *Kawakami* et coll. ainsi que *Felice* et coll. ont rapporté 1 et 3 échecs respectivement, dus à des complications infectieuses survenant après une désunion du site (86). Dans deux cas aucun gain osseux n'a été obtenu, dans le troisième cas une résorption partielle de la greffe a été observée préalablement à la pose des implants, suivie d'une résorption péri-implantaire majeure (80). Ceci nous laisse penser qu'une complication infectieuse d'un site greffé peut mettre en jeu le pronostic implantaire à court et moyen terme.

3.5 Résultats

- Gain osseux

Les données des études analysées montrent qu'un gain osseux allant de 3 à 14,5 mm peut être obtenu avec une technique de greffe en inlay, mais une moyenne de 5 à 8 mm d'augmentation est obtenue par la majorité des auteurs (82).

Une différence de gain en hauteur en fonction de la nature du greffon n'a pas pu être mise en évidence. Dans une étude prospective randomisée en split-mouth, *Kawakami* et coll. ont comparé l'utilisation d'os autogène et d'hydroxyapatite non céramique lors de greffes en inlay du secteur mandibulaire postérieur. A 6 mois, lors de la pose des implants, le groupe traité avec une greffe autogène présentait une meilleure stabilité implantaire, évaluée par Analyse de Fréquence de Résonance (RFA). Cependant, à 12 mois, les deux groupes présentaient les mêmes résultats en termes de gain osseux, taux de survie et stabilité implantaire (86).

- Résorption

Les taux de résorption pré-implantaire et péri-implantaire semblent assez faibles avec cette technique et ne dépassent pas 1 mm. Seule une étude a présenté des valeurs nettement supérieures à la moyenne avec une résorption supérieure à 2 mm à 4 mois (84).

- Taux de survie et de succès implantaire

Les taux de survie et succès implantaires ne sont pas étudiés de façon systématique. Il en ressort néanmoins que le taux de survie est globalement de 100%, à l'exception d'un équipe où une valeur de 95,45% est rapportée. Le taux de succès implantaire varie entre 90 et 100%.

Felice et coll. ont comparé l'utilisation d'os autogène iliaque et de xénogreffe bovine. Les différences en termes de gain en hauteur, résorption péri-implantaire et taux complications n'étaient pas statistiquement significatives entre les deux groupes, ce qui a amené les auteurs à conclure qu'il n'y avait pas d'avantage à l'utilisation d'os iliaque. De plus, 80% des patients ont préféré la procédure avec l'os bovin (80,92).

Dottore et coll. ont quant à eux confronté les résultats du traitement avec de l'os autogène et une hydroxyapatite non céramique. Le gain en hauteur était comparable, voire supérieur à celui de l'os autogène, et la résorption osseuse péri-implantaire était plus faible à 1 an. Aucune différence de stabilité implantaire n'a été retrouvée entre les deux groupes (87).

- Résultats histologiques

Une analyse histologique a pu démontrer que le fragment crestal reste vital à 6 mois, ce qui confirme l'efficacité de cette technique d'augmentation osseuse (83).

Plusieurs auteurs ont comparé l'utilisation d'os autogène et d'un substitut osseux dans les greffes sandwich. L'allogreffe semble donner des résultats similaires à l'os autogène. En effet, l'histologie ne semble pas montrer de différence de néoformation osseuse entre les deux matériaux ; néanmoins, le pourcentage d'os greffé résiduel est plus important pour les sujets traités par allogreffe, montrant un temps de cicatrisation allongé avec ce matériau (77). De façon générale, cette différence ne se ressent pas en termes cliniques, ce qui a amené divers auteurs à conclure que l'autogreffe ne présente pas d'avantages par rapport à l'allogreffe (77,79).

Pour ce qui est de la xénogreffe bovine, diverses études ont retrouvé une néoformation osseuse plus importante avec l'os autogène, ainsi qu'un pourcentage de greffe résiduelle à 4 mois supérieur pour la xénogreffe (10 à 13% supérieur au groupe autogène), montrant une résorption plus

lente de ce matériau. Cette différence n'était cependant pas objectivable d'un point de vue clinique (80,92).

Enfin, *Bechara et coll.* ont réalisé une analyse histologique afin de comparer l'os autogène et une hydroxyapatite non céramique. Ils ont constaté qu'à 6 mois, le taux de greffe osseuse résiduelle était plus important dans le groupe traité par le substitut osseux, et que le pourcentage d'os néoformé était plus important dans les sites reconstruits avec de l'os autogène. En revanche, malgré ces résultats, aucune différence de stabilité primaire implantaire (RFA) n'a été retrouvée entre les deux techniques (74).

Un récapitulatif des publications portant sur la greffe en inlay dans les secteurs mandibulaires postérieurs est présenté dans le **tableau 3** (9,67,72–75,78–80,83,84,86,87,89,92,94–98).

Tableau 3: études sur la greffe en inlay

Etude	Nb sites	Nature greffon	Gain hauteur moyen	Résorption	Nb implants	Taux survie implantaire	Taux succès implantaire	Suivi moyen	Echecs/compllications
Bechara et coll. 2015	11 HA autogène	poudre HA autogène (LOE)	7,2 mm 6,2 mm					6 M suite greffe	0
Bianchi et coll. 2008 DO vs. inlay	7	iliaque: bloc cortico-spongieux	5,8 mm 0,9 mm (14%)		21	100%	95,20%	22,5 M	1 désunion: infection et résorption partielle fgt cranial
Bormann et coll. 2010	22	autogène (LOE)	4,61 mm [2-7,8]		41	100%		12 M [5-18]	5 hypoesthésies transitoires < 6 S 1 inflammation muq sans désunion
Bormann et coll. 2011 4 ant et post	32 mand post 4 ant et post	autogène (LOE)	3,14 +/- 1,93 mm		74	100%		17,5 M	3 désunions 22,2% troubles sensitifs transitoires (6 patients) < 12 S
Dottore et coll. 2014	11 HA autogène	HA non céramique autogène (LOE)	7,0 +/- 2,6 mm 6,5 +/- 1,6 mm	0,71 mm à 1 A 0,84 mm à 1 A	22	95,45%	90,90%	12 M	perte 1 implant dans chaque groupe
Esposito et coll. 2011 et 2014	15 mand post inlay vs. 15 mm	bloc xénogreffe bovine		0,22 mm lors MEC 1,2 mm à 1 A 1,63 mm à 3 A	30		3 A suite MEC	12 M	33% troubles sensitifs < 3 J 1 désunion précoce avec perte 1 A 1/3 patients: gain insuffisant: pose 1 courts troubles sensitifs transitoires
Felice et coll. 2008 et 2009	10 xénogreffe inlay vs onlay	bloc xénogreffe bovine autogène (iliaque)	6,2 mm 5,1 mm	0,6 (avant pose) 0,59 mm à 1 A 1,1 mm (avant pose) 0,82 mm à 1 A	19		1 perforation muq linguale (xénogreffe): infection et perte 1 implant 1 fracture fgt cranial (autogène): infection et perte greffe 1 désunion (autogène)		
Felice et coll. 2009	10 inlay vs onlay	iliaque: bloc cortico-spongieux	4,9 mm [4-7]	0,5 mm (avant pose) 0,9 mm à 18 M	20	100%	90%	18 M	2 désunions mineures 1 désunion majeure: résorption 51,8% fragment cranial 4 hypoesthésies transitoires < 3 S
Felice et coll. 2009	15 inlay vs 15 mm	bloc xénogreffe bovine			30		4 M	perde 1 implant avant MEC 1 désunion	67% d'hypoesthésies transitoires < 3 J 5 cas: gain insuffisant: 1 courts

LOE: ligne oblique externe
HA: hydroxyapatite
MEC: mise en charge

Tableau 3: études sur la greffe en inlay

Felice et coll. 2009 et 2010 inlay vs 17 mm	30	bloc xénogreffe bovine	0,56 mm (lors MEC) 1 mm à 1 A	61	12 M	3 fractures per opératoires greffon: pas de gain osseux dans 2 cas perte 3 implants avant MEC 57% troubles sensitifs transitoires
Felice et coll. 2014 inlay vs. 16,6 mm	30	bloc xénogreffe bovine	0,056 mm lors MEC 1 mm à 1 A 1,76 mm à 3 A 2,34 mm à 5 A	61	5 A Suite MEC	3 fractures per opératoires greffon 16 paresthesia transitoires < 6 J 4 désunions précoces 2 échecs greffe; 1 courts perte 3 I avant MEC
Jensen 2006	10	autogène (LOE)	6 mm [4-8] patients uniquement)	22	90%	1 à 4 A
Kawakami et coll. 2013	11 HA autogène	HA autogène (LOE)	7 mm 6,4 mm	22	12 M	1 exposition plaque d'ostéosynthèse sans perte greffon 100% paresthesia transitoires perte 2 implants
Laviv et coll. 2014	3	poudre xénogreffe bovine	5-7 mm		6 M	2 désunions non compliquées
Lopez-Cedrun 2011	30	iliaque allogreffe	5,3 mm [2-10]	65	100%	90,80% 1 à 7 A 4 désunions mineures, 1 exposition vis 1 résorption osseuse 6 paresthesia transitoires < 6 S 1 hypoesthésie permanente
Marchetti et coll. 2007	7	iliaque: bloc cortico-spongieux	6,5 - 7 mm	21	14 - 16 M	1 exposition vis pas de troubles sensitifs
Pistilli et coll. 2013 inlay vs. 16 mm	20	bloc xénogreffe équine + poudre os porcin	0,92 mm lors MEC 1,44 mm à 1 A	47	1 A Suite MEC	7 paresthesia transitoires < 4 J 3 infections greffe dont 2 échecs complets 4 cas: gain insuffisant: 1 courts perte 3 implants
Scarano et coll. 2011	9	bloc xénogreffe équine + poudre os porcin	13,8 - 14,5 mm 2,26 - 2,7 mm à 4 M	18	100%	4 M 2 hypoesthésies transitoires < 2 S pas de désunion

LOE: ligne oblique externe
HA: hydroxyapatite
MEC: mise en charge

4) Distraction alvéolaire

4.1 Principe

La distraction alvéolaire correspond au déplacement progressif et contrôlé d'un segment osseux alvéolaire à l'aide d'un dispositif transmuqueux, permettant une néoformation osseuse et l'allongement des tissus mous attenants.

Elle découle des travaux d'*Ilizarov* sur la distraction ostéogénique du membre inférieur, dans les années 1950. Celui-ci a mis en évidence que l'application d'une traction graduelle à l'os entraîne un phénomène de stress activant une croissance et une régénération tissulaire au niveau du *gap* créé entre les fragments osseux.

En 1992 ce principe est appliqué à la sphère maxillo-faciale par *McCarthy* et coll. pour la correction de microsomies hémifaciales. La première distraction alvéolaire sur l'animal a été décrite en 1996 par *Block* et coll., mais ce sont les travaux de *Chin* et *Toth* la même année qui ont marqué le début de l'utilisation de la distraction alvéolaire chez l'homme afin de réhabiliter des défauts osseux verticaux en chirurgie pré-implantaire (99).

Il existe deux types de distracteurs pouvant être utilisés : les distracteurs extra-osseux et les distracteurs intra-osseux. Différents modèles de distracteurs existent ; nous prendrons comme exemple les 3 modèles les plus fréquemment rencontrés.

Les distracteurs extra-osseux sont composés de deux plaques reliées par une vis sans fin, située au niveau vestibulaire ; l'une sera fixée au segment basilaire et l'autre au segment alvéolaire crestal à l'aide de mini-vis monocorticales. Un tour de clé correspond généralement à un déplacement vertical de 0,3 mm (100,101).

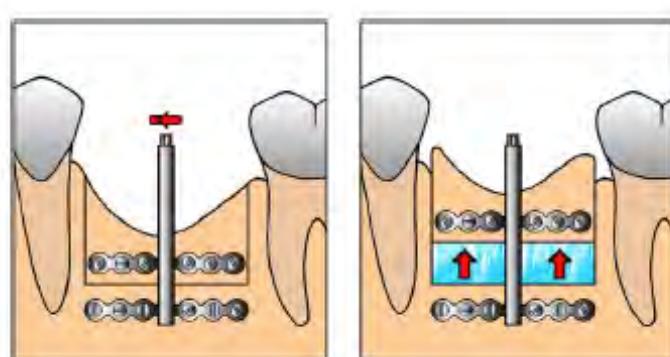
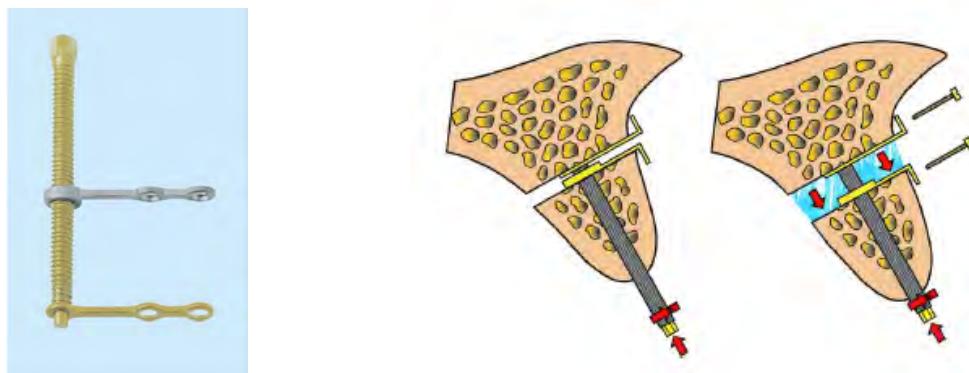


Figure 14 : le distracteur extra-osseux TRACK (KLS Martin) (100).

Dans le cas des distracteurs endo-osseux, la vis sans fin est placée dans le fragment crestal, à travers la crête alvéolaire. Le système de distraction LEAD (Stryker) est composé de deux plaques que l'on vient placer dans l'espace d'ostéotomie et qui sont ensuite pliées et vissées au niveau du versant vestibulaire. La vis sans fin est placée à travers la crête alvéolaire et est solidaire de la plaque crestale, afin de permettre le déplacement du couvercle osseux, tandis que la plaque basale assure la stabilisation de l'ensemble. Un tour de clé correspond à une augmentation verticale de 0,4 mm (100,101).



Figures 15 et 16 : le distracteur endo-osseux LEAD (Stryker) (100,101).

Parmi les distracteurs intra-osseux on retrouve des dispositifs tels que les implants-distracteurs, utilisés à la fois pour l'augmentation osseuse et comme infrastructure prothétique (100,102). Cette technique semble séduisante car elle permet d'éliminer les étapes de dépose du distracteur et de pose des implants. Cependant, seule une étude clinique menée par l'équipe de Gaggl a été publiée pour l'instant, et des problèmes tels qu'une absence d'ostéointégration de l'implant ou un mauvais axe prothétique à l'issue de la distraction doivent encore être solutionnés (103).

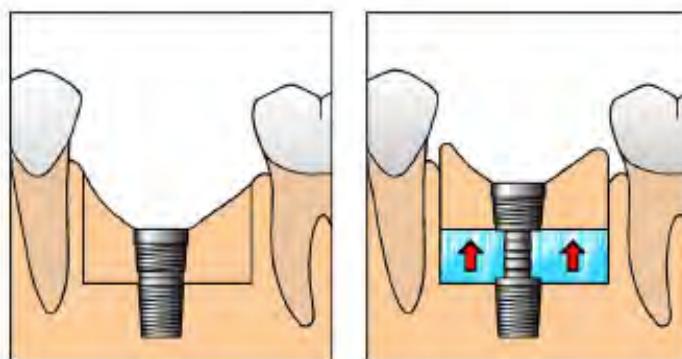


Figure 17 : l'implant-distracteur DISSIS (SIS Trade Systems) (100).

Des distracteurs résorbables sont également commercialisés, mais très peu de données scientifiques les concernant sont disponibles (89).

- Choix du distracteur

Les distracteurs intra-osseux sont plus adaptés à la distraction de segments osseux de faible étendue (édentements unitaires), ainsi qu'aux sites présentant des tissus mous de faible qualité car le risque de désunion est moindre (101,104). Certains auteurs estiment que ce système est mieux toléré que les distracteurs extra-osseux car le matériel est contenu dans l'enveloppe alvéolaire. Cependant, le cal osseux formé peut être lésé lors de la dépose du dispositif. Enfin, il offre la possibilité d'utiliser l'espace de la tige de distraction pour la pose de l'implant (105).

En présence d'une crête fine, un distracteur extra-osseux sera à privilégier car le forage et le passage de la vis du distracteur intra-osseux dans le fragment crestal fragilisent ce dernier et l'exposent à un risque de fracture au cours de la distraction (104). Les distracteurs extra-osseux sont également les dispositifs les plus adaptés pour l'augmentation de zones de plus de 2 cm de longueur. En effet, pour des zones d'édentement étendues, la mise en place de plusieurs distracteurs intra-osseux serait nécessaire, et il faudrait obtenir un parallélisme de leurs tiges de distraction, ce qui entraîne une difficulté technique supplémentaire (104).

La distraction alvéolaire se déroule en quatre phases (89,106) :

- la phase chirurgicale au cours de laquelle le dispositif de distraction est mis en place,
- une phase de latence d'environ une semaine, en vue d'une cicatrisation muqueuse post-opératoire,
- la phase de distraction, de 6 à 14 jours, au cours de laquelle l'os alvéolaire est allongé progressivement ; pendant cette phase, le distracteur est activé de façon quotidienne ou pluri-quotidienne (jusqu'à 4 fois par jour), jusqu'à l'obtention de la hauteur souhaitée (107,108);
- une phase consolidation, afin de permettre la minéralisation du cal osseux formé entre les deux fragments alvéolaires (101).

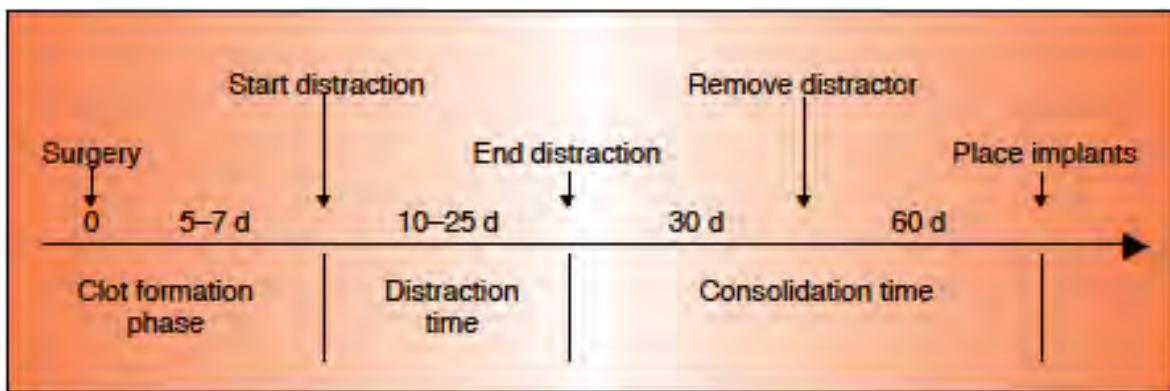


Figure 18 : chronologie des étapes de la distraction alvéolaire (105).

4.2 Technique chirurgicale

L'intervention est généralement réalisée sous anesthésie générale, mais certains auteurs pratiquent ce geste sous anesthésie locale, associée ou non à une sédation (109–112).

- Distracteur extra-osseux (89,113)

L'incision est réalisée au niveau de la muqueuse libre vestibulaire et est suivie d'un décollement sous-périosté remontant en direction crestale. Le décollement ne doit pas s'étendre au niveau de la gencive attachée crestale et linguale, qui doit rester adhérente au fragment ascenseur afin d'assurer sa vascularisation. Le distracteur est ensuite adapté et conformé au site osseux, puis déposé afin de procéder aux ostéotomies. Un trait basal est réalisé au moins 2 mm au-dessus du canal alvéolaire inférieur, suivant son trajet repéré lors du bilan tridimensionnel pré-opératoire. Deux traits verticaux sont ensuite réalisés, en mésial et en distal du site à reconstruire. Il convient de réaliser ces traits légèrement divergents en direction crestale afin de ne pas gêner l'ascension du fragment. Par ailleurs, le trait mésial doit être placé au minimum à 2 mm de distance de la racine de la dent adjacente. La corticotomie est réalisée à l'aide d'une scie oscillante, d'un disque diamanté, d'une fraise ou d'un piezotome sous irrigation abondante, et ne doit pas être transfixiante. La corticotomie linguale est finalisée à l'aide d'un ostéotome et doit être atraumatique pour le périoste linguale. On vérifie la mobilité du fragment ascenseur dans les trois plans de l'espace ; il doit être uniquement solidaire du périoste crestal et lingual. Le distracteur est alors replacé, synthésisé et activé afin de vérifier le vecteur de distraction et l'absence d'interférences lors de l'ascension du fragment osseux. Ce dernier est ensuite ramené à sa position initiale, au contact du segment basal, et le site est fermé sans tension, en laissant dépasser la tige d'activation (113).

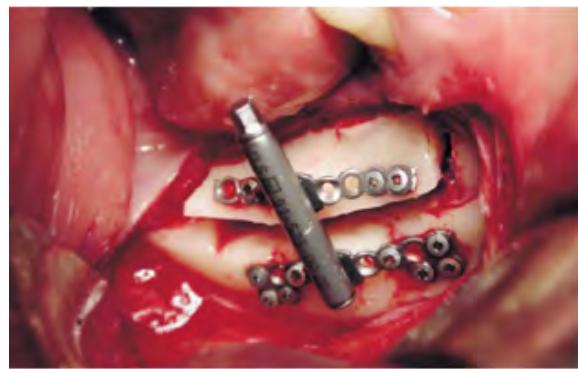


Figure 19: vue peropératoire d'un distracteur extra-osseux (114).

Afin d'éviter l'apparition d'une marche d'escalier en distal de la zone distractée, certains auteurs proposent une variante de la technique opératoire : un trait vertical mésial est réalisé, puis un trait horizontal apical rejoint la zone rétromolaire, réalisant ainsi une ostéotomie en L. Le distracteur est fixé de façon classique et une mini-plaque va venir solidariser l'extrémité distale du fragment ostéotomisé au ramus mandibulaire. Ainsi, l'augmentation osseuse se fait essentiellement en mésial et permet l'obtention d'une anatomie crestale plus physiologique. Un gain osseux jusqu'à 9 mm peut être obtenu par cette technique (115,116).

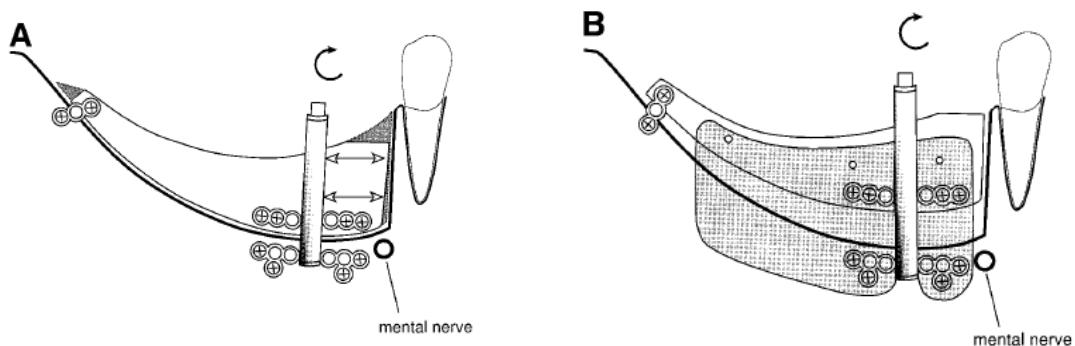


Figure 20: technique de l'ostéotomie en L ; une membrane peut être placée pour protéger le cal osseux lors de la distraction (116).

- Distracteur endo-osseux

La technique chirurgicale est sensiblement la même, si ce n'est que les ostéotomies et la mobilisation du fragment osseux crestal sont réalisées avant la mise en place du distracteur. Un forage au niveau du fragment crestal est également réalisé afin de placer la tige de distraction (117).

Divers auteurs ont proposé des modifications ou des variantes de ces techniques de distraction :

Garcia-Garcia et coll. ont proposé une technique de distraction différentielle de segments osseux étendus (> 2 cm) en utilisant deux distracteurs intra-osseux, placés à chaque extrémité du segment osseux. Lorsqu'une augmentation uniforme est souhaitée, les deux distracteurs sont activés à la même hauteur. Face à une crête présentant différents degrés d'atrophie, cette technique permet d'obtenir une distraction plus importante du côté le plus résorbé en activant davantage le distracteur placé à cette extrémité (118).

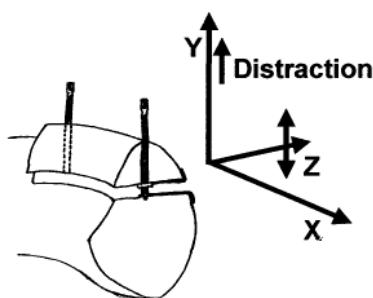


Figure 21: système de distraction différentielle développé par *Garcia-Garcia et coll.* (118).

Basa et coll. ont décrit une technique d'augmentation verticale mandibulaire postérieure par translation horizontale et en direction distale d'un segment osseux. L'ostéotomie est réalisée en mésial de la dernière dent présente sur l'arcade, qui est distalée progressivement par le dispositif, permettant une formation osseuse le long de son trajet (110).

A l'issue de la phase de consolidation, généralement à 3 ou 4 mois, le distracteur est enlevé sous anesthésie locale (105). La pose des implants se fait le plus souvent dans le même temps, mais certains auteurs préfèrent retarder le geste implantaire de quelques semaines afin d'optimiser la consolidation des tissus durs et mous (111). La confection prothétique débute généralement 4 à 6 mois suite à la pose des implants, bien qu'un cas de mise en charge immédiate ait été rapporté (119). En revanche, *Polo et coll.* considèrent qu'une pose précoce des implants à 8-12 semaines permet de profiter de l'apport vasculaire, enrichi par le phénomène de distraction, et d'avoir un impact positif sur la structure de l'os néoformé (120).

➤ Critères de réussite : (100,101)

La distraction alvéolaire est une intervention techniquement difficile et exigeante, il est donc nécessaire de prendre en compte un certain nombre de paramètres pour garantir son succès :

- une hauteur minimale du fragment crestal doit être conservée afin d'éviter sa résorption, des difficultés de fixation du dispositif de distraction ou une dévascularisation du fragment (121)
- l'ostéotomie devra être réalisée de préférence à la scie oscillante ou au piezotome afin de minimiser les pertes osseuses
- les traits d'ostéotomie verticaux doivent être légèrement divergents en direction occlusale afin de faciliter l'ascension du fragment distracté
- l'intégrité du périoste du versant lingual doit être conservée afin d'éviter toute nécrose.
- la durée de la phase de latence : la majorité des auteurs s'accordent pour dire que l'idéal est une période de latence de 5 à 7 jours, afin de permettre la cicatrisation muqueuse et d'éviter une exposition du distracteur ; une période d'attente trop longue peut entraîner une consolidation prématuée du fragment crestal
- le choix du taux de distraction : dans la majorité des études une distraction d'1 mm par jour est réalisée, en une ou deux activations. Certains auteurs préconisent un protocole avec 3 activations de 0,3 mm/jour (122). Une vitesse de distraction trop lente (0,5 mm/jour) serait responsable d'une consolidation prématuée de l'os distracté, tandis qu'une vitesse trop élevée ($> 1,5$ mm/jour) entraînerait l'apparition de fibrose et nécrose (100,122). Selon *Polo* et coll. la vitesse idéale pour l'obtention d'une prolifération cellulaire serait 0,7 mm/jour
- respect de la phase de consolidation : on considère qu'une période de 2 à 3 mois est nécessaire pour obtenir un os suffisamment résistant biomécaniquement

4.3 Indications et limites

La distraction alvéolaire peut être réalisée à partir de l'os natif du patient ou à partir d'os greffé dans le secteur mandibulaire postérieur. En effet, divers auteurs ont distracté avec succès des greffes iliaques (123) ainsi que des lambeaux de fibula (124,125).

- Indications

La distraction alvéolaire trouve son indication dans les secteurs présentant une importante atrophie verticale. Elle peut être proposée lorsque le gain en hauteur souhaité est supérieur à 4 mm, et permet d'obtenir une augmentation osseuse allant jusqu'à 10-15 mm. La distraction permet de corriger des défauts verticaux purs, bien qu'il soit possible, en présence d'une crête fine, de sur-distracter le site et de l'écrêter secondairement afin d'éviter une reconstruction horizontale (113). Cette technique permet également de compenser une augmentation de l'espace prothétiquement utilisable, afin d'améliorer le rapport implant/couronne. *Garcia-Garcia* et coll. utilisent des modèles

en plâtre ainsi qu'un examen tomodensitométrique pour la détermination de la hauteur coronaire et osseuse disponible. Dès que le ratio hauteur coronaire/hauteur osseuse est supérieur à 1, l'indication de distraction est posée (126). Ceci permet d'obtenir un meilleur support osseux pour les implants et améliore l'esthétique de la prothèse (106).

- Limites

Comme pour la greffe en inlay, une hauteur minimale de 6 mm au-dessus du canal alvéolaire inférieur doit subsister, afin de respecter les 2 mm de sécurité au-dessus du NAI et d'avoir une hauteur du fragment distracté de 4 mm (127). Certains auteurs pensent même qu'il est nécessaire d'avoir 9 mm de hauteur au-dessus du NAI afin de conserver 5 mm entre le NAI et le trait apical d'ostéotomie et d'avoir 4 mm de hauteur pour le fragment distracté (128). Du fait du volume du distracteur, cette technique est difficile à mettre en œuvre pour les édentements unitaires et n'est pas adaptée aux crêtes en lame de couteau (40,106). Enfin, le choix de cette technique ne peut se faire sans l'assurance de la compliance du patient. En effet, le distracteur devra être activé de façon uni ou pluri-quotidienne par le praticien ou la patient, et des contrôles réguliers devront être menés pendant la phase de distraction (128). De plus, le port d'une prothèse adjointe pendant la cicatrisation ne peut être envisagé.

4.4 Complications et échecs

- **Complications per-opératoires (129)**

Elles sont rares, seul *Saulacic* et coll. retrouvent un taux de complications de 41,37% (130). Il s'agit le plus souvent de difficultés pour la réalisation de l'ostéotomie linguale et plus rarement d'une fracture du fragment crestal, notamment lors de l'utilisation de distracteurs endo-osseux qui fragilisent l'ensemble (129,130). Le choix du distracteur, et notamment la longueur de la tige de distraction, doivent être réfléchis en pré-opératoire afin d'éviter une interférence occlusale (130).

- **Complications post-opératoires (100)**

- Douleur et inconfort

L'activation du distracteur n'est pas douloureuse en règle générale, mais peut entraîner une sensation de tension et d'inconfort pendant quelques minutes. En cas de douleur, il est possible de

ralentir la vitesse de distraction, ou de fractionner les activations en gardant le même taux d'augmentation journalier (112,130).

- Désunion muqueuse

C'est l'une des complications les plus fréquentes. Il faudra veiller à adoucir les angles du fragment crestal afin d'éviter une perforation muqueuse et à réaliser des sutures sans tension (116). Une reprise des sutures est conseillée afin d'éviter une infection du site et du matériel de distraction (130).



Figure 22 : exposition d'un distracteur extra-osseux à 2 mois (131).

- Infection du site

La prévalence de cette complication est de 5 à 30% dans la littérature (107). Sa prise en charge se fait par l'instauration d'une antibiothérapie, de bains de bouche à la chlorhexidine voire un débridement local (100,130). Dans des cas extrêmes, le distracteur peut être déposé (102).

Certains auteurs considèrent que le risque infectieux est majoré par l'utilisation de distracteurs extra-osseux puisque leur tige d'activation va entraîner une perforation muqueuse continue, contrairement à la tige des distracteurs endo-osseux qui émerge au niveau de la gencive attachée, plus résistante (107).

- Fracture du fragment ascenseur ou de l'os basal

Cette complication peut être évitée par l'utilisation d'ostéotomes fins et par le respect des hauteurs de sécurité : au moins 5 – 6 mm au-dessus du canal alvéolaire inférieur, afin d'obtenir une dimension correcte du fragment crestal. Sa prise en charge consiste en l'arrêt de la distraction et l'ostéosynthèse des fractures. La survenue d'une fracture entraîne généralement une résorption osseuse du site (39,121,130). Bien que rares, des cas de fracture du rebord basilaire survenant lors

des premières semaines de distraction ont été décrits par *Zwetyenga et coll.*, *Chiapasco et coll.* ainsi qu'*Enislidis et coll.* (39,117,128).



Figure 23: fracture mandibulaire 4 semaines suite à la période de distraction (39).

- Fracture du distracteur

Elle survient lors d'une interférence occlusale de la tige de distraction.

- Consolidation prématuée ou blocage du distracteur

Cette complication est généralement due à une ostéotomie incomplète, une vitesse de distraction trop faible ou un axe de distraction non parallèle aux ostéotomies verticales entraînant une friction lors du mouvement d'ascension (100,101,103,114,122). Une réintervention est nécessaire pour pratiquer une nouvelle ostéotomie.

- Retard de consolidation et absence de cal osseux

Ceci est évité par une bonne stabilité du dispositif. Dans un premier temps, on retarde la dépose du distracteur jusqu'à la consolidation osseuse ; si malgré cela il n'y a pas de consolidation, il sera nécessaire de reconstruire la zone par d'autres techniques de régénération (129).

- Formation osseuse insuffisante

Une invagination des tissus mous au niveau de l'espace distracté peut conduire à une insuffisance de régénération osseuse à ce niveau. Certains auteurs utilisent des membranes afin de protéger le cal osseux de ce phénomène, souvent lié aux incisions périostées réalisées en regard du site (116). Cette technique semble néanmoins délicate à mettre en œuvre puisque la longueur de la membrane doit prendre en compte la hauteur osseuse que l'on souhaite gagner. Une autre stratégie, décrite par l'équipe de *Robiony*, est le comblement du gap osseux avec un mélange de PRP (*Platelet-Rich*

Plasma) et d'os spongieux iliaque, prélevé à l'aide de tréphines selon une technique mini-invasive. Selon les auteurs, le PRP favoriserait l'ostéoinduction au sein du site, l'ostéoconduction et l'ostéogenèse étant assurées par les copeaux d'os iliaque (127).

Lors de distractions supérieures à 5 mm ou à 25% du volume osseux initial, ainsi qu'en présence de crêtes étroites, il n'est pas rare d'observer des zones cicatricielles ou peu ossifiées (130), mais celles-ci ne compromettent pas la thérapeutique implantaire (107,120).



Figure 24 : insuffisance d'ossification du cal osseux (132).

- Instabilité du distracteur

Elle peut être évitée par une évaluation pré-opératoire de la densité osseuse et par le choix du distracteur le plus adapté.

- Résorption

Elle est quasi-systématique, de l'ordre de 15-25% du volume osseux obtenu.

- Déviation de l'axe du vecteur de distraction

L'incidence de cette complication est de 18 à 22% d'après la littérature (133). Elle est plus fréquemment rencontrée lors de distractions supérieures à 5 mm (130). Dans les secteurs mandibulaires postérieurs, le fragment ascenseur aura tendance à s'incliner du côté lingual du fait de la traction exercée par les muscles du plancher et de la langue, ainsi que par la résistance du périoste lingual. Ce mouvement lingual est particulièrement marqué avec les distracteurs extra-osseux, placés sur le versant vestibulaire (107). Le bon positionnement de la partie crestale distractée verticalement est essentiel car il permettra la pose des implants dans un axe prothétique correct.

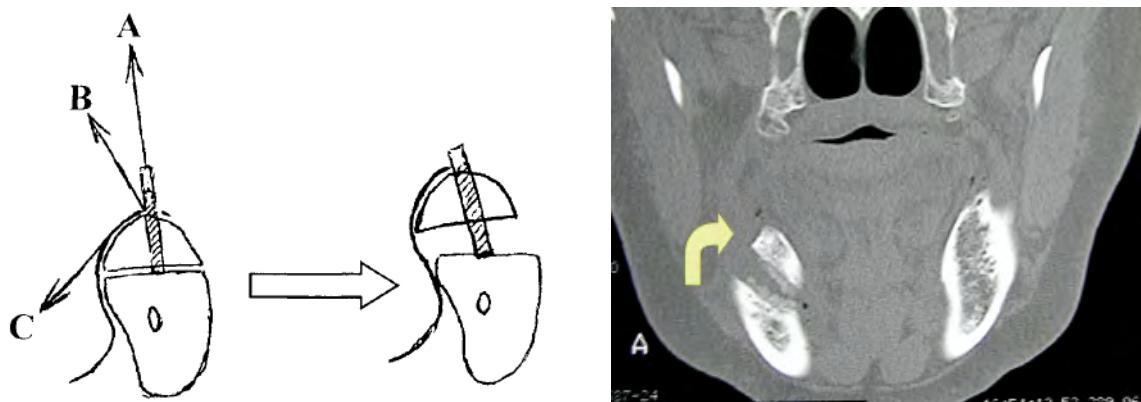


Figure 25 (gauche): la tension exercée par le mucopérioste lingual (C) va entraîner une déviation du vecteur de distraction (B) par rapport à l'axe souhaité (A) (129). Figure 26 (droite) : scanner de contrôle montrant l'inclinaison linguale du fragment crestal à l'issue de la période de distraction (134).

La prévention de cette complication passe par la réalisation de traits d'ostéotomie verticaux légèrement convergents en direction linguale, afin de contrer mécaniquement ce déplacement linguale (101,134). Mehra et Figueroa ont proposé également de laisser dépasser latéralement les ailes de la plaque supérieure du distracteur extra-osseux, permettant un blocage mécanique par l'os vestibulaire adjacent en cas de traction linguale (134). Hwang et coll. ont, quant à eux, proposé l'utilisation d'un distracteur possédant un appui dentaire, afin de guider l'axe de distraction (135).

Lors de l'utilisation de distracteurs intra-osseux, il existe un risque de version linguale du fragment ascenseur mais surtout de rotation dans un axe longitudinal, centré sur la tige de distraction. Ceci est particulièrement marqué si un seul distracteur est utilisé pour augmenter des segments étendus (> 2 cm). Pour contrer cela, deux, voire trois distracteurs peuvent être placés afin de contrôler le mouvement d'ascension dans les trois sens de l'espace (118).

Afin de corriger une inclinaison ou rotation du fragment, plusieurs solutions ont été décrites : gouttières acryliques, prothèses provisoires, mini implants ou dispositifs orthodontiques peuvent être utilisés pour servir de contention et corriger l'axe de distraction (134,136). En cas d'échec de ces méthodes interceptives, une ostéotomie de correction ou une greffe secondaire sera nécessaire à l'issue de la distraction. Divers auteurs ont également décrit l'utilisation de distracteurs bidirectionnels afin de corriger une déviation de l'axe de distraction. Ces dispositifs permettent de rattraper des déviations d'axe du fragment crestal allant jusqu'à 20° (107,137). Cependant, une supériorité de ces dispositifs en termes de gain osseux n'a pas été démontrée.

- Troubles neurologiques

Il s'agit surtout de lésions per-opératoires du nerf alvéolaire inférieur ou de l'étirement du nerf mentonnier. Ces complications peuvent être évitées par une bonne planification pré-opératoire des traits d'ostéotomie et des sites de forage des vis d'ancrage. Le respect d'une marge de sécurité de 2

à 3 mm vis-à-vis du canal alvéolaire est essentiel, ainsi que le choix du type de distracteur ; en effet, divers auteurs pensent que les distracteurs extra-osseux présentent moins de risques de lésions neurologiques, notamment dans le secteur mandibulaire postérieur (101).

Les complications et échecs de la technique de distraction alvéolaire sont largement décrits dans la littérature. Outre leur description au sein de diverses études cliniques nous avons retrouvé 5 publications portant exclusivement sur ce sujet. Les complications de la distraction sont plus fréquentes dans les mandibules très résorbées car la vascularisation y est plus faible (107).

Le taux de complications est globalement élevé. *Zwetyenga et coll.* rapportent un taux de complications de 48,6%, dont 11% de complications majeures ; *Wolvius et coll.* 55% ; *Enislidis et coll.* 75,5% et l'équipe de *Saulacic* 79,31% de complications mineures.

Enislidis et coll. ont évalué le taux de complications associé à la distraction alvéolaire avec des distracteurs intra et extra-osseux dans la plus grande série de patients connue (45 sites). Des complications étaient décrites chez 75,7% des patients. Les complications majeures touchaient 21,6% des patients, et étaient représentées par des fractures basilaires, des fractures du fragment crestal, des instabilités, dévissages, blocages voire fractures du dispositif de distraction. Les complications majeures n'étaient retrouvées que dans les secteurs mandibulaires postérieurs et étaient plus fréquentes avec les distracteurs intra-osseux. La complication mineure la plus souvent rencontrée était la désunion muqueuse, touchant 37,8% des sites, avec 6,7% d'évolution vers une infection. 7 cas d'hypoesthésies labio-mentonnières ont été décrits, 1 seul a présenté un caractère permanent. Par ailleurs, la distraction a été un échec dans 2 cas, puisqu'elle n'a pas permis la pose d'implants, et 4 implants ont été perdus (117).

Saulacic et coll. ont rapporté 24,13% de complications post-opératoires immédiates et 65,51% complications pendant la phase de distraction et consolidation. Celles-ci étaient bien plus fréquentes avec les distracteurs intra-osseux. Dans 58,62% des cas, une formation osseuse insuffisante au niveau du gap osseux a été constatée et un comblement complémentaire lors de la pose des implants a été réalisé. 3,44% des complications ont compromis la pose des implants (130).

Les complications les plus fréquentes retrouvées par *Zwetyenga et coll.* étaient d'ordre neurologique avec 14% de paresthésies transitoires et 4,6% de paresthésies permanentes, suivies de problèmes d'axe de distraction (11,6%) et de complications muqueuses (11,6% d'inflammation et 9,3% d'expositions). Les complications étaient plus fréquentes dans les secteurs mandibulaires postérieurs (128).

Enfin, dans une étude comparative entre distracteurs intra et extra-osseux sur 23 sites, les auteurs ont retrouvé un taux de complications supérieur lors de l'utilisation de distracteurs intra-osseux (61,5% contre 50% pour le groupe extra-osseux). Ces complications étaient représentées essentiellement par des problèmes de vecteur de distraction et une fracture du fragment ascenseur

dans le groupe intra-osseux, et par des interférences occlusales de la tige de distraction dans le groupe extra-osseux (104).

4.5 Résultats

- Gain osseux

Divers auteurs ont constaté que le secteur mandibulaire postérieur est celui où le gain en hauteur est le plus difficile à obtenir, la zone la plus favorable en termes de gain osseux étant le maxillaire antérieur (108). D'après les études analysées, un gain osseux allant jusqu'à 10 mm peut être aisément obtenu avec une technique de distraction alvéolaire. Certains auteurs ont même rapporté des augmentations verticales de 15 mm (117,138). L'efficacité du distracteur varie de 30% à 95% selon les publications (122).

Dans une étude comparative entre distracteurs intra et extra-osseux, les auteurs ont observé que les gains en hauteur obtenus étaient comparables entre les deux groupes (11,6 mm en moyenne), mais que le taux de survie implantaire était de 88% pour le groupe intra-osseux, et de 94% pour le groupe extra-osseux. Ces résultats sont cependant à nuancer car le suivi n'était pas le même pour les deux groupes (15 mois pour le groupe extra-osseux contre 32 mois pour le groupe intra-osseux) (104).

- Résorption

Le taux de résorption osseuse dans la distraction alvéolaire a été étudié dans de nombreuses publications. Celui-ci peut aller jusqu'à 30% lors de la phase de consolidation (89,111,139), mais certains auteurs rapportent des valeurs bien plus faibles, de l'ordre de 0,3 à 0,5 mm (39,68,138). *Kanno et coll.* ont démontré que la résorption osseuse est deux fois plus importante si un geste chirurgical a été pratiqué dans les six mois précédent la distraction : 30% pendant la période de consolidation et 50% lors de la pose des implants. Ils conseillent ainsi d'attendre six mois avant d'entreprendre la distraction (111). *Saulacic et coll.* ont démontré que plus la hauteur et la longueur du fragment ascenseur sont faibles, plus sa résorption est importante. Ainsi, une surcorrection de 15 à 25% est préconisée si la distraction est programmée 6 mois après le dernier geste chirurgical, et de 50% si elle est réalisée avant 6 mois (111,121,139). *Polo* a établi que pour 10 mm de distraction il existe 1 mm de résorption (108). Il convient de noter que la résorption dépasse rarement le niveau osseux adjacent au site augmenté, et qu'une surcorrection au-delà de ce niveau ne pourra être espérée.

Afin de réduire la résorption péri-implantaire, la pose des implants peut être différée d'un mois par rapport à la dépose du distracteur : ceci permet d'éviter le large décollement périosté nécessaire pour accéder au dispositif, pouvant accélérer la résorption marginale péri-implantaire (111).

- Taux de survie et de succès implantaire

Le taux de survie implantaire est généralement de 100%. Seule l'équipe d'*Enislidis* rapporte un taux plus faible, de 95,7% (117). Le taux de succès implantaire est quant à lui compris entre 94 et 100%.

- Résultats histologiques

Plusieurs études cliniques et histomorphométriques ont prouvé que la distraction alvéolaire permet l'obtention d'un os mature, capable de supporter les contraintes mécaniques transmises par la restauration implantaire (106,112,140). De plus, à un an, la densité radiologique de l'os néoformé par distraction est comparable à celle de l'os natif non distracté, avec une densité supérieure à celle de l'os médullaire mais inférieure à celle de l'os cortical (140).

Les données des études portant sur la distraction alvéolaire dans les secteurs mandibulaires postérieurs sont présentées dans le **tableau 4**

(39,67,68,88,102,105,107,110,111,115117,119,121,125,127,129,136,137,139).

Tableau 4: études sur la distraction osseuse

Etude	Type distracteur	Nb sites	Gain hauteur moyen	Résorption	Nb implants	Taux survie implantaire	Taux succès implantaire	Suivi moyen	Effets/compliqu
Bianchi et coll. 2008 DO vs inlay	extra-osseux	5	10 mm	17%	16	100%	93,70%	30 M [18-38]	60% complications 2 cas version linguale fragment distracté: traction orthodontique 1 infection mineure pas de troubles sensitifs
Chiapasco et coll. 2001	extra-osseux	4 mand post	8,5 mm [6-15]	0,5-0,6 mm avant pose! 1,3 mm à 12 M	11	100%	100%	14 suite MEC	
Chiapasco et coll. 2004	extra-osseux	12 mand post	9,9 mm	0,3 mm avant pose! 1,4 mm à 4 A	40	100%	94,20%	34 M	1 fracture mandibulaire 1 cas version linguale corrigée 1 distraction incomplète
Chiapasco et coll. 2004 DO vs ROG	extra-osseux	5 mand post 3 mixtes	4,8 mm	totale: 1,93 mm à 3 A	18	100%	94,10%	31 M	2 cas version linguale fragment distracté: traction orthodontique
Chiapasco et coll. 2006	extra-osseux	4 mand post 1 mixte	6-7 mm		13	100%	95%	18 M suite MEC	2 cas version linguale fragment distracté: traction orthodontique
Chiapasco et coll. 2007 DO vs onlay	extra-osseux	7	5,3 mm	0,3 mm avant pose! 1,3 mm à 4 A	15	100%	94,70%	41,3 M	11,1% complications 2 versions linguales 1 distraction incomplète
Elo et coll. 2009 DO vs onlay	extra-osseux	5			17		98%	36 M	1 échec implantaire
Enislidis et coll. 2005	14 intra-osseux 31 extra-osseux	45 dont 39 mand post	8,2 mm [5-15]		94	95,70%		35,7 M suite MEC	75,7% complications 3 fractures basales M 3 pb techniques distracteur nécessité greffe II: 11 cas 6 hypoesthésies transitoires, 1 permanente perte 3 I avant MEC et 1 après
Gaggl et coll. 2000	implant-distracteur	6	4-6 mm		12	100% après MEC		9 M suite MEC	dépose d'1 implant distracteur 4 hypoesthésies transitoires 1 hypoesthésie permanente
Garcia-Garcia et coll. 2002	intra-osseux	4	5-8 mm		12		100%		

Tableau 4: études sur la distraction osseuse

Garcia-Garcia et coll. 2003	intra-osseux	10	4,5 mm	20	6 M - 2 A
Kanno et coll. 2007	extra-osseux	38	9,5 - 9,9 mm 15-28% à 3M (avant pose) 25-50% à 4M (lors pose)	141	0
Klug et coll. 2001	extra-osseux	13	7,5 mm [6-9]		bonne stabilité lr 10 M [2-19]
Mazzonetto et Allais de Meurette. 2005	extra-osseux	31	4,6 mm		8,44% échecs (complications majeures): 2 insuff volume osseux, 1 infection 1 nécrose et 1 fracture ft distracteur 2 désunions muqueuses
Polo et coll. 2005	extra-osseux	14	5,12 mm [2,32-8,11] 0,88 mm [0,03-2,53] (fin période consolidation)		3 infections 1 version linguale fragment 2 cas résistance lors distraction hypoesthésie transitoire < 2 M
Polo et coll. 2007	extra-osseux	14	0,9 mm 1,9 mm/A suite pose	34	100%
Saulacic et coll. 2005	intra-osseux	17 dont 15 mand post	6,08-6,18 mm 1,57-1,79 mm 25-29%	43	16 M 2 échecs implantaires précoces avec remplacement de 2 implants
Saulacic et coll. 2007	8 extra-osseux 21 intra-osseux	29 dont 25 mand post	6,37 mm [4-10,5]	78	100%
Sezer et coll. 2012	extra-osseux	10 dont 4 mand post	7-8 mm	9	100%
Zwetyenga et coll. 2012	extra-osseux	42	11,7 mm < 2 mm (12,9%)	103	100% 95,20% 62 M tx complications global: 48,6% 11,1% complications majeures (2 fractures basiliaires, 4,6% paresthesiales permanentes, 1 pb axe majeur) 14% paresthesiaes transitoires 9,3% expositions distracteur

II. ALTERNATIVES THERAPEUTIQUES

1) Implants courts

1.1 Principe

Une alternative aux reconstructions osseuses verticales, notamment dans les secteurs mandibulaires postérieurs, est l'utilisation d'implants courts. L'apparition d'états de surface rugueux et micro-poreux a permis d'améliorer considérablement la stabilité primaire et secondaire de ces implants en augmentant la surface de contact os-implant, ce qui a permis d'en faire une thérapeutique fiable pour la réhabilitation des crêtes résorbées (141).

La définition de ce que représente un implant court n'est pas consensuelle. Pour *Atieh et coll.* il s'agit d'implants ayant une longueur inférieure à 8,5 mm, tandis que *Renouard et Nisand*, et *Srinivasan et coll.* qualifient d'implants courts les dispositifs de moins de 8 mm (142-144). Divers auteurs ont également introduit la notion d'implants ultra-courts, inférieurs à 6 mm (144,145). Néanmoins, la majorité des auteurs s'accordent pour dire qu'un implant de moins de 10 mm de longueur peut être considéré comme un implant court (141,142,146).

- Longueur de l'implant

Le choix de la longueur de l'implant dépendra de la hauteur osseuse résiduelle au-dessus du canal alvéolaire inférieur. Il existe une multitude de tailles implantaires disponibles, avec des longueurs de 4 à 8,5 mm. La majorité des études ont démontré de bons résultats à moyen et long terme avec des implants de 7,5 à 8,5 mm de longueur (142,144,146). Cependant, le recul clinique sur les implants ultra-courts est encore faible.

- Diamètre implantaire

Un implant peut être considéré comme large lorsqu'il possède un diamètre supérieur à 4,8 mm (142).

Il est communément admis que lorsqu'on choisit de poser un implant court, celui-ci doit avoir un diamètre important afin de compenser le manque de longueur implantaire (147). Néanmoins, aucun consensus n'existe à ce sujet. Pour certains auteurs, le diamètre de l'implant conditionnerait plus le taux de survie implantaire que sa longueur, car la majorité des forces occlusales se distribuent dans la région crestale (148). En procédant à une revue de la littérature, *Das Neves et coll.* ont retrouvé

que l'utilisation d'implants de diamètre supérieur à 4 mm permet de diminuer le risque d'échec d'implants courts de 7 mm (149).

En revanche, diverses publications retrouvent de bons résultats avec des implants courts de diamètre standard (143,147). *Atieh et coll.* ont étudié les résultats de 33 études portant sur des implants courts et n'ont pas retrouvé de différence significative de taux de survie à 5 ans entre des implants courts larges et des implants courts de diamètre standard (142).

- Etat de surface implantaire

Les premiers implants développés par l'équipe de Brânemark étaient des implants usinés, à surface lisse, dont les seules anfractuosités étaient représentées par le relief des spires implantaires. Actuellement les surfaces implantaires sont rendues rugueuses et micro-poreuses à l'aide de procédés de sablage, mordançage ou oxydation. L'avantage de ces états de surface est l'augmentation de la surface de contact entre l'implant et l'os, permettant une meilleure ostéointégration.

Diverses revues de littérature ont comparé les résultats et l'incidence de complications selon l'état de surface implantaire. *Renouard et Nisand* ainsi que *Telleman et coll.* n'ont pas relevé de différence de résultats selon l'état de surface implantaire (143,146). *Srinivasan et coll.* ont quant à eux constaté qu'un état de surface microporeux joue favorablement sur le taux de survie implantaire pour les implants de longueur inférieure à 6 mm (144). *Menchero-Cantalejo et coll.* ont également observé un meilleur taux de survie lorsque les implants possédaient une surface rugueuse par rapport aux implants usinés : 98,4% contre 92,5% à 6 ans. Ceci est dû à une moindre résorption observée chez les patients porteurs d'implants rugueux (141). Néanmoins, il convient de noter qu'un état de surface rugueux rend les implants plus vulnérables à la contamination bactérienne, et donc au développement de mucosites et péri-implantites (144).

1.2 Technique chirurgicale

La technique de mise en place des implants courts est sensiblement la même que celle utilisée pour les implants longs. Néanmoins, la majorité des auteurs réalise un sous-forage du site implantaire afin d'assurer une bonne stabilité primaire de l'implant (94,147,150). L'utilisation de guides chirurgicaux permet également de contrôler l'axe implantaire et d'éviter une ovalisation du site par le passage successif des forets (94). Le risque d'ovalisation est particulièrement important lors de la pose d'implants courts de diamètre important à cause du nombre important de forets utilisés. Afin d'éviter cette complication, une tréphine légèrement sous-dimensionnée (environ 1 mm) par rapport

au diamètre de l'implant peut être utilisée à la place de la séquence de forage classique. Un seul foret terminal est ensuite passé afin de définir le filetage de l'implant (97). Enfin, l'utilisation de butées placées sur les forets implantaires permet de limiter le risque de lésion du nerf alvéolaire inférieur (145).



Figure 27 : séquence de forage pour des implants de 4 mm ; des butées sont placées sur les forets (145).

Anitua et coll. ont développé une technique leur permettant de réhabiliter des secteurs mandibulaires postérieurs extrêmement résorbés, avec parfois une hauteur résiduelle de 4 mm au-dessus du nerf alvéolaire inférieur (NAI). Ils ont pour cela utilisé des implants courts associés ou non à une ROG. Le logement implantaire est initialement préparé selon une séquence classique. Une distance de sécurité de 1 mm est respectée vis-à-vis du NAI. Puis un foret à extrémité travaillante est utilisé, afin de préparer le dernier millimètre au-dessus du canal alvéolaire inférieur de façon sûre. Une membrane de PRGF-Endoret est placée au fond du site de forage, avant la pose de l'implant, et une ROG est réalisée si besoin (21).

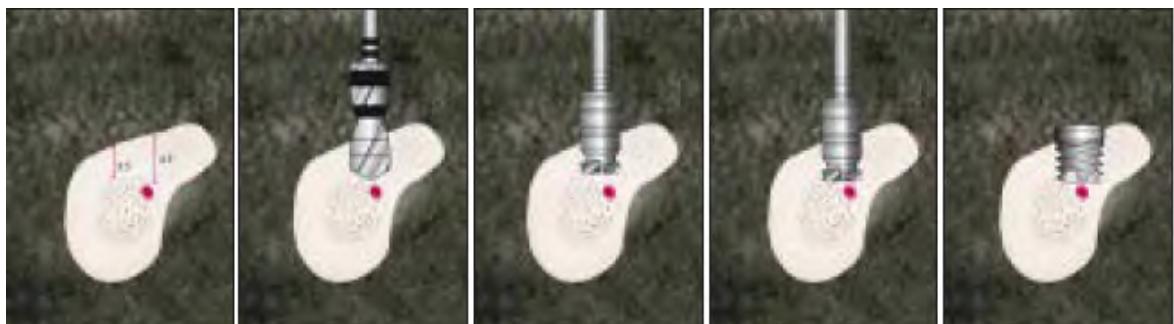


Figure 28 : technique de forage décrite par Anitua et coll. (21).

La mise en charge se fait en général 3 à 4 mois suite à la pose des implants (151), mais certains auteurs privilégient une mise en charge précoce à 10-12 semaines (152).

➤ Critères de réussite :

- la qualité osseuse représente le paramètre le plus important pour la survie implantaire (149)
- le rapport couronne/implant ne doit pas être trop défavorable, notamment si le patient ne présente pas un os de bonne qualité ; l'utilisation d'implants micro poreux est plus adaptée à ces situations (141)
- le type d'édentement : les implants situés en position terminale de l'arcade sont soumis à des contraintes masticatoires plus importantes, ainsi, dans le cas d'un édentement plural, il est conseillé d'augmenter le nombre d'implants courts plutôt que de réaliser un bridge (146,149)
- une solidarisation des implants courts entre eux, voire à des implants plus longs, permet d'améliorer leur pronostic (146,149)
- un réglage occlusal précis doit être réalisé afin d'éviter une surcharge des implants

1.3 Indications et limites

- Indications

Les implants courts peuvent être utilisés lorsque la hauteur résiduelle au-dessus du NAI est comprise entre 7 et 10 mm (150) et lorsque le site présente une bonne densité osseuse (149). Ils sont particulièrement indiqués pour la réhabilitation d'édentements unitaires ou encastrés.

- Limites

En cas de faible densité osseuse, d'augmentation importante de l'espace prothétiquement utilisable ou de l'existence de parafonctions, telles un bruxisme, la mise en place d'implants courts n'est pas conseillée.

1.4 Complications et échecs

Les complications des implants courts sont majoritairement des complications post-opératoires.

- Échec implantaire

La perte d'un implant court est le plus souvent due à un défaut d'ostéointégration pendant la période de cicatrisation ou à une résorption péri-implantaire. La résorption représente le risque majeur de cette thérapeutique, en particulier pour les implants ultra-courts (150). D'après la littérature, l'échec implantaire survient dans la majorité des cas avant la mise en fonction. De nombreuses études cliniques et revues de littérature ont étudié cette complication. *Pistilli et coll.* ont observé que 100% des échecs survenaient avant la mise en charge ; de même, *Atieh et coll.* et *Srinivasan et coll.* ont retrouvé 71% et 76% d'échecs précoce, avant la mise en fonction (142,147,148). *Das Neves et coll.* ont retrouvé 4,8% d'échecs, dont 54,9% avant la mise en charge implantaire. Parmi les échecs après la mise en charge des implants, la moitié avait lieu dans la première année suite à la pose de la prothèse. Les causes d'échec étaient les suivantes : une mauvaise qualité osseuse dans 66,7% des cas, une surcharge occlusale dans 27,2% des cas, la localisation au sein de l'arcade (site antérieur ou postérieur) dans 24,2% des cas et une infection dans 15,1% des cas (149). Ces résultats montrent que la mise en charge n'est pas un facteur déterminant dans l'échec des implants courts.

Plusieurs auteurs s'accordent pour dire que la longueur de l'implant ne conditionne pas directement son risque d'échec (143,144,149). En revanche, l'association de plusieurs facteurs de risque peut compromettre le pronostic des implants courts (149). Diverses publications ont fait le constat que le taux d'échec des implants courts est plus important au maxillaire qu'à la mandibule (144,146).



Figure 29 : résorption osseuse avancée sur des implants de 5 mm, 3 mois suite à leur MEC (97).

Parmi les études comparant les implants courts aux implants longs placés suite à une augmentation osseuse par greffe en inlay, aucune différence statistiquement significative n'a pu être établie en termes d'échecs implantaires et prothétiques entre les deux techniques (151).

- Troubles neurologiques

Les lésions du nerf alvéolaire inférieur sont rares (moins de 16%) et se traduisent par des paresthésies ou anesthésies transitoires (151). Seules deux équipes ont retrouvé un taux conséquent de troubles sensitifs post-opératoires : *Esposito* et coll. ont retrouvé 20% de troubles sensitifs transitoires lors de l'utilisation d'implants de 5 mm et *Felice* et coll. 7% de troubles transitoires avec des implants de 7 mm (94,96,98).

1.5 Résultats

- Résorption

La résorption péri-implantaire dans les secteurs mandibulaires postérieurs semble variable. *Esposito* et coll., *Felice* et coll. et *Pistilli* et coll. ont retrouvé des résorptions moyennes de 0,3 mm, 0,58 mm et 0,87 mm lors de la mise en charge des implants (94,96,147). À 1 an, ces valeurs avoisinent 1 mm. Peu d'études présentent des résultats à moyen ou long terme. *Slotte* et coll. décrivent une résorption de 0,55 mm à 5 ans, tandis que pour *Felice* et coll. elle est trois fois plus élevée (150,152).



Figure 30 : résorption péri-implantaire à 3 ans sur des implants de 6,6 mm ; l'implant distal est plus touché par ce phénomène (150).

- Taux de survie et taux de succès implantaires

Aucune étude publiée ne détaille le taux de succès des implants courts dans les secteurs mandibulaires postérieurs. Les taux de survie sont, quant à eux, assez proches de ceux des implants

longs, avec des valeurs comprises entre 92,2% et 100% (21,97,147,150,152). Les plus faibles taux de survie sont retrouvés dans l'étude possédant le plus de recul et utilisant les implants les plus courts (4 mm) (152).

Esposito et coll. ont étudié l'utilisation d'implants de 5 mm de longueur et 6 mm de diamètre avec un recul de 3 ans. Ils ont retrouvé un taux de survie de 100% à 1 an, mais 2/15 implants ont été perdus postérieurement. Ils ont néanmoins constaté qu'à l'issue de leur période d'observation les implants courts semblaient aussi fiables que les implants longs dans un os greffé (96,150). Néanmoins, un recul clinique sur le long terme est nécessaire pour confirmer ces résultats.

Felice et coll. ont publié les résultats obtenus à 5 ans avec des implants de 6,6 mm. Environ 8% des implants ont été perdus, la majorité suite à leur mise en charge (150).

En 2016, la même équipe a comparé l'utilisation d'implants de 4 mm et de 8,5 mm de longueur. Un an suite à leur mise en charge, aucune différence significative n'a été retrouvée en termes de taux de complications, échecs implantaires et prothétiques (145).

Plusieurs revues de la littérature ont analysé les taux de survie implantaire des implants courts, tous secteurs confondus. *Renouard et Nisand* ont analysé des études publiées entre 1990 et 2005 et ont retrouvé des taux de survie allant de 71 à 100%. Néanmoins, dans les publications les plus récentes, de 2003 à 2005, le taux de survie implantaire était compris entre 94,6 et 99,4% (143). Plus récemment, *Atieh et coll.* ont comparé des études employant des implants de 5 à 8,5 mm et n'ont pas retrouvé de différence significative en termes de taux d'échec et taux de survie implantaire à court et moyen terme entre implants courts et implants longs. Ils ont cependant constaté que le taux de survie des implants de 5, 6 et 7 mm était inférieur à celui des implants de 8 et 8,5 mm (89,8%, 96,6% et 95,6% contre 99,2% et 98,2% respectivement)(142). Ces résultats ont été confirmés par *Srinivasan et coll.* (144). Enfin, une revue de la littérature de 2014 a retrouvé des résultats encourageants pour les implants de moins de 6 mm, avec un taux survie implantaire de 98,6% à la mandibule (suivi de 1 à 8 ans) (148).

Un récapitulatif des études comparant les résultats des implants courts et des techniques d'augmentation verticale dans les secteurs mandibulaires postérieurs est présenté dans le **tableau 5** (21,94–98,147,150,152).

Tableau 5: études sur les implants courts

Etude	Longueur implants	Nb sites	Nb implants	Résorption	Taux survie implantaire	Suivi moyen	Echecs/complications
Anitua et coll. 2013 I courts +/- ROG	5,5 - 6,5 mm	72	114	0,55 à 0,84 mm si MEC < 12 M 0,8 à 1 mm si MEC > 12 M	98,20%	26 M	perte 1 I avant MEC perte 1 I après MEC
Esposito et coll. 2011 I courts vs. inlay	5 mm	15 mand post	26	0,3 mm lors MEC 1,2 mm à 1 A	100%	12 M suite MEC	20% troubles sensitifs transitoires
Esposito et coll. 2014 I courts vs. inlay	5 mm	15 mand post	26	1,44 mm à 3 A		3 A suite MEC	perte 2 I après MEC: abcès et péri-implantite
Felice et coll. 2009 I courts vs. inlay	5 mm	15 mand post	26		100%	4 M suite MEC	20% hypesthésies transitoires < 2 J
Felice et coll. 2009 et 2010 I courts vs. inlay	7 mm	30	60	0,58 mm lors MEC 1 mm à 1 A		1 A suite MEC	7% troubles sensitifs transitoires perte 1 I avant MEC
Felice et coll. 2014 I courts vs. inlay	6,6 mm	30	60	0,58 mm lors MEC 1 mm à 1 A 1,24 mm à 3A 1,49 mm à 5 A		5 A suite MEC	2 paresthésies transitoires < 2 J perte 1 I avant MEC perte 4 I après MEC
Pistilli et coll. 2013 I courts vs. inlay	6 mm	20	41 mand post	0,87 mm lors MEC 1,33 mm à 1 A	100%	1 A suite MEC	0
Slotte et coll. 2015	4 mm	24	77	0,44 mm à 1 A 0,55 mm à 3 A 0,53 mm à 5 A	92,20%	5 A suite MEC	perte 6 I après MEC

2) Latéralisation du nerf alvéolaire inférieur

2.1 Principe

Cette technique permet le déplacement du nerf alvéolaire inférieur (NAI) et de son pédicule vasculaire hors de leur enveloppe osseuse, en les positionnant sur le versant latéral de la mandibule. Initialement, la latéralisation du NAI avait pour objectif le soulagement des douleurs causées par l'appui des prothèses amovibles au niveau du foramen mentonnier lorsque, suite à une résorption avancée de l'os mandibulaire, celui-ci se retrouvait dans une position très crestale. *Alling* a été l'un des premiers à décrire cette technique en 1977, et à exposer ses applications dans le cadre de traitements par prothèse amovible, par implants sous-périostés, ou encore dans le cadre de greffes osseuses (153). En 1987, *Jensen et Nock* ont pour la première fois utilisé cette technique en l'associant à la pose simultanée d'implants endo-osseux (154).

Deux techniques de latéralisation du nerf alvéolaire inférieur sont décrites :

- la latéralisation partielle consiste à déplacer la portion du nerf alvéolaire inférieur située derrière le foramen mentonnier, sans déplacer la branche mentonnière ou incisive. Le NAI est simplement écarté le temps de la pose des implants, puis reposé dans la gouttière osseuse créée (155,156).
- la latéralisation totale implique la transposition du NAI et du nerf mentonnier. Le volet osseux englobe le foramen mentonnier et, souvent, le nerf incisif est sectionné afin de permettre la mobilisation complète du nerf mentonnier et alvéolaire inférieur au niveau vestibulaire (155–157). Certains auteurs vont même jusqu'à réaliser une latéralisation de la totalité du nerf, du foramen mentonnier à la lingula mandibulaire (153,158).

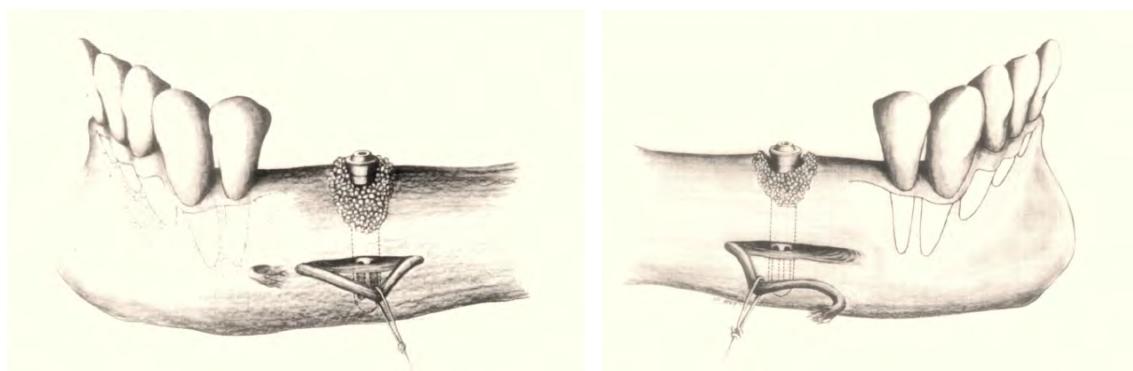


Figure 31 : latéralisation partielle et totale d'après *Jensen et Nock* (154).

2.2 Technique chirurgicale

L'intervention est communément pratiquée sous anesthésie locale (159), volontiers associée à une sédation (154,157). Certains auteurs préfèrent néanmoins réaliser ce geste sous anesthésie générale afin d'éviter d'éventuelles complications causées par des mouvements brusques du patient (160,161).

- Latéralisation totale

L'incision peut être vestibulaire, à 5-6 mm de la crête (159,162), ou crestale, et est complétée par une décharge mésiale en avant du foramen mentonnier, idéalement en regard de l'incisive latérale (155). Une fois le nerf mentonnier individualisé et disséqué, un volet circonférentiel est dessiné à la fraise boule autour du foramen, sur un rayon de 5 mm. La corticale postérieure n'est pas traversée entièrement afin de ne pas lésorer le nerf (162,163). Des ostéotomes fins permettent de finaliser la dépose de ce segment osseux, qui pourra être laissé autour du nerf mentonnier ou enlevé délicatement (162). Certains auteurs préfèrent séparer le volet en deux avant de le déposer entièrement (163). Un volet postérieur, de forme rectangulaire, va ensuite être réalisé, le long du canal alvéolaire inférieur. Le trait d'ostéotomie supérieur doit être placé environ 1 mm au-dessus du foramen mentonnier, et le trait apical 5 à 6 mm sous le premier trait (162). La limite postérieure du second volet doit être située environ 1 cm au-delà de la position souhaitée du dernier implant (164). Une fois le volet postérieur déposé, l'os spongieux sous jacent est enlevé à l'aide de curettes et le nerf est soulevé progressivement du canal. Afin de faciliter sa mobilisation, la branche incisive peut être sectionnée 5-6 mm en avant de sa ramifications avec le nerf mentonnier (162,165). Une fois le nerf latéralisé, les implants sont posés. Le volet osseux peut être repositionné tel quel, cependant ceci peut être à l'origine d'une compression nerveuse. Le plus souvent, le volet osseux est broyé et les copeaux placés au contact des spires implantaires exposées, afin d'éviter leur contact direct avec le nerf (162). Certains auteurs utilisent l'os de forage, des particules d'allogreffe ou de β -TCP afin de recouvrir les spires implantaires et maintenir le nerf à distance (164-166). Ceci est particulièrement important si une réintervention ou le remplacement d'un implant sont nécessaires.

Bovi a présenté une variante de cette technique avec la réalisation d'un seul volet, englobant le foramen mentonnier. Il a également introduit l'utilisation de la piezochirurgie pour la réalisation de l'ostéotomie. Les avantages de cet outil sont la possibilité de réaliser un plus petit volet osseux sans risque de lésion des branches nerveuses, et donc un lambeau moins étendu, permettant un moindre étirement du nerf mentonnier ainsi qu'une moindre perte osseuse. Les lésions nerveuses et le risque de fracture mandibulaire sont ainsi diminués (167).

Tao et coll. conseillent également de procéder à la découpe d'un seul volet englobant le foramen mentonnier, afin d'éviter la réalisation d'ostéotomies verticales à proximité du foramen, zone où l'épaisseur de la corticale mandibulaire est la plus faible. Dans cette technique, les auteurs repositionnent le volet osseux et l'ostéosynthèse à l'aide de vis bicorticales. La pose des implants est alors différée de 6 mois (161).

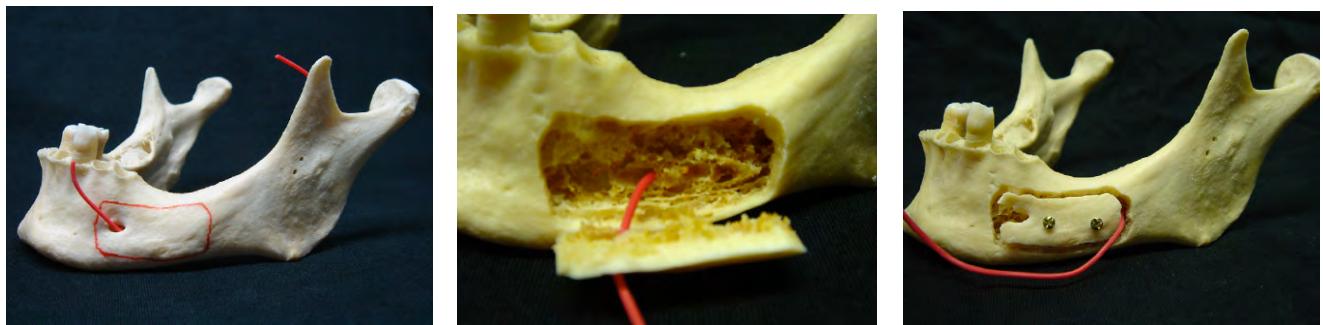
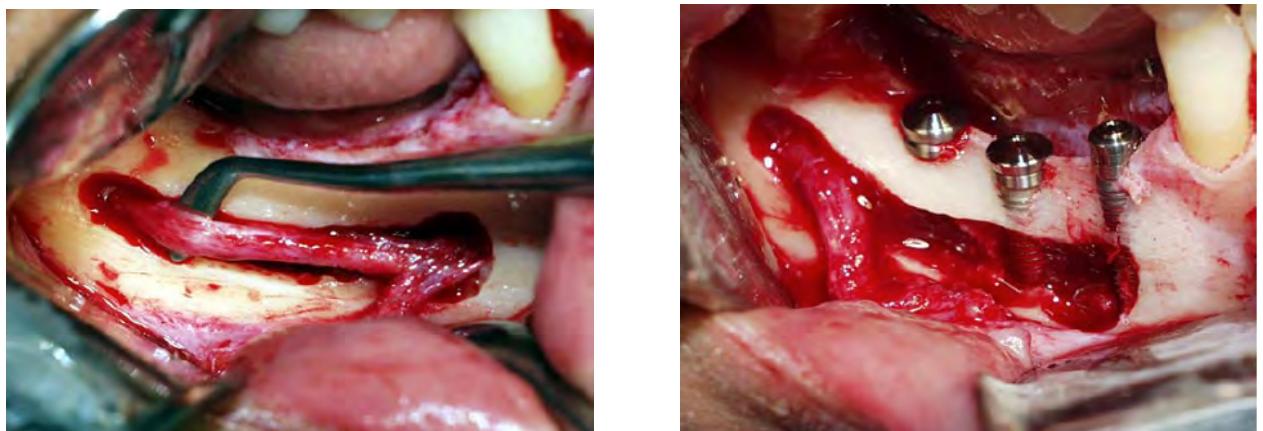


Figure 32 : technique de latéralisation développée par Tao et coll. (161).

Quant à Chrcanovic et Custodio, ils ne réalisent pas de volet osseux mais une simple tranchée en regard du canal à l'aide d'une fraise boule, en prenant soin de protéger le pédicule à l'aide d'une curette placée dans le canal (168).



Figures 33 et 34 : technique de latéralisation totale ; réalisation du volet vestibulaire (droite) ; pose des implants suite à la section de la branche incisive et latéralisation du nerf (gauche) (168).

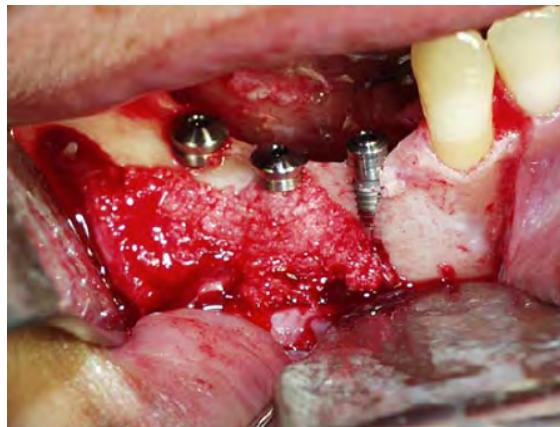


Figure 35 : technique de latéralisation totale ; le volet vestibulaire est broyé et utilisé pour recouvrir les implants (168).

Un des avantages de la latéralisation totale est la création d'un néoforamen mentonnier au niveau de la nouvelle émergence vestibulaire du NAI, en distal du dernier implant posé (162,163,167). Ainsi, en cas de réintervention dans la zone, il y a moins de risques de léser le nerf puisque celui-ci sera situé à distance des implants posés.

- Latéralisation partielle

L'abord du site opératoire est sensiblement le même que pour une latéralisation totale. Une fois le nerf mentonnier repéré et disséqué, un volet osseux est dessiné environ 4 mm en arrière du foramen mentonnier, puis déposé à l'aide d'ostéotomes ou d'un décolleur (169). D'autres auteurs réalisent simplement un fraisage de la corticale mandibulaire en distal du foramen mentonnier avec une fraise boule de gros diamètre, jusqu'à apercevoir le contenu du canal (170). La pellicule osseuse résiduelle est ensuite déposée à l'aide d'une curette. Une fois le NAI dégagé sur 1,5 cm environ, on pourra procéder à sa dissection soigneuse à l'aide d'une boucle de fil de suture ou d'une lacette vasculaire (169). L'émergence mentonnière n'est pas déplacée et le rameau incisif demeure intouché. Il est possible de suturer le pédicule alvéolaire au périoste vestibulaire par un fil résorbable pour le maintenir dans la bonne position (154). Une fois le nerf latéralisé, la pose des implants est réalisée. Cette technique est essentiellement adaptée aux situations où le nerf a un positionnement vestibulaire, proche de la corticale externe (163).

Certains auteurs préconisent la mise en place d'une membrane résorbable ou d'un pansement collagénique au niveau du volet osseux afin d'éviter une invagination des tissus mous à ce niveau et promouvoir une régénération osseuse (155,169). D'autres, en revanche, considèrent que la membrane peut être source d'une inflammation à proximité du nerf, et déconseillent son utilisation.

(162). Dans la majorité des cas, le défaut osseux créé lors de la latéralisation se régénère sans l'aide d'une membrane (163).

Quelle que soit la technique utilisée, il convient de préciser dans le compte rendu opératoire la nouvelle localisation du nerf dans l'éventualité d'une nouvelle intervention sur le site (164).

Le deuxième temps chirurgical a généralement lieu 5-6 mois suite à la première intervention. La mise en charge est ainsi un peu retardée par rapport aux thérapeutiques implantaires conventionnelles (159,167).

➤ Critères de réussite :

- le trait crestal de l'ostéotomie doit être placé au maximum 1 mm au-dessus du foramen mentonnier afin de préserver le maximum de hauteur osseuse crestale et optimiser ainsi le support implantaire (170)
- une protection du nerf lors de la réalisation des ostéotomies, ainsi qu'une manipulation délicate de celui-ci, permettront de réduire le risque de séquelles neurologiques ; de même, les points de suture ne doivent pas comprimer le nerf au moment de la fermeture (163)
- une hauteur osseuse minimale devra être maintenue au niveau crestal afin de ne pas compromettre le support implantaire (163)

2.3 Indications et limites

- Indications

La technique de latéralisation est indiquée pour les édentements terminaux, lorsque la hauteur résiduelle au-dessus NAI est inférieure à 7-8 mm (157,165), et lorsque l'espace occlusal est normal ou diminué, contre-indiquant une reconstruction verticale (161). Elle présente une alternative aux implants courts en cas de faible hauteur disponible et mauvaise qualité osseuse, en permettant la mise en place d'implants plus longs (171). La latéralisation du NAI peut être associée, en cas de résorption sévère, à des techniques d'augmentation verticale telles des greffes en onlay (172) ou en inlay (173). Enfin, suite à l'échec d'une greffe chez un patient ne souhaitant pas se soumettre à une nouvelle reconstruction osseuse, la latéralisation peut être une solution de compromis.

- Limites

Les limites de cette technique sont essentiellement anatomiques : face à une corticale vestibulaire très épaisse associée à un pédicule alvéolaire très fin, le geste technique va être considérablement plus difficile, et le risque de lésions nerveuses augmenté (171). Il en est de même lorsque le NAI présente une position très linguale. Une position trop crestale du nerf, avec une hauteur au-dessus du canal alvéolaire inférieure à 3 mm, est une situation défavorable pour une latéralisation car la limite supérieure de la fenêtre osseuse sera très proche de la crête, diminuant la quantité d'os marginal péri-implantaire. Le risque de mauvaise stabilité primaire des implants et de résorption est alors non négligeable (171). La présence de la première prémolaire augmente considérablement la difficulté technique du geste (163). Enfin, un accès limité au site doit orienter le praticien vers une autre thérapeutique, moins longue et moins délicate à mettre en œuvre.

2.4 Complications et échecs

- **Complications per-opératoires**

Les complications per-opératoires de la latéralisation sont rares.

- Lésions nerveuses

Il existe un risque de lésion du nerf alvéolaire inférieur lors de la réalisation du volet osseux ou lors de son dégagement du canal alvéolaire. Néanmoins, aucune lésion directe de type section n'a été rapportée dans la littérature. Les troubles observés en post-opératoire sont essentiellement dus à un étirement excessif de celui-ci lors de son repositionnement.

- Lésions vasculaires

Kan et coll. ainsi que *Rosenquist* et coll. ont été confrontés à des hémorragies per-opératoires (157,171). Néanmoins, la survenue de cette complication reste très rare (169).

- **Complications post-opératoires**

- Troubles neurologiques

Les troubles de la sensibilité labio-mentonnière sont la complication post-opératoire la plus fréquente de la latéralisation du nerf alvéolaire inférieur. D'un point de vue subjectif, ces troubles

neurologiques se traduisent par des altérations de la sensibilité tactile, thermique ou algique ressenties par les patients. Des tests neurosensitifs permettent d'objectiver ces troubles par une diminution de la discrimination spatiale, de la vitesse de conduction nerveuse et de l'amplitude des potentiels d'action enregistrés (155).

D'un point de vue physiopathologique, les lésions nerveuses sont le plus souvent le résultat d'un étirement ou d'une compression du nerf lors de sa manipulation (159); elles sont plus rarement liées à une lésion directe du tissu axonal (154).

Une lésion vasculaire du pédicule alvéolaire inférieur peut également conditionner le pronostic de la régénération nerveuse. En effet, une atteinte des vaisseaux péri-nerveux peut entraîner un hématome comprimant le nerf (154–156) ou une interruption de la vascularisation conduisant à une nécrose des segments distaux (157). Il est donc important de conserver l'intégrité du pédicule alvéolaire inférieur lors de l'intervention. De même, il a été démontré que lorsque le nerf subit un étirement inférieur à 5-7% de sa longueur on peut espérer sa récupération fonctionnelle en 4 à 6 semaines (154,157). En revanche, un étirement trop important entraînera une rupture de la vascularisation péri-neurale et augmentera le risque de séquelles permanentes (167,171).

Divers auteurs ont constaté que la majorité des troubles prolongés ou persistants s'expriment par une diminution de la perception tactile et de la discrimination spatiale. Ceci s'explique par le fait que les fibres de petit calibre, responsables de la sensibilité thermique et algique, supportent mieux les traumatismes que les fibres de plus gros diamètre véhiculant la sensibilité tactile et la discrimination spatiale (155).

Enfin, il n'est pas conseillé de repositionner le nerf au contact direct des implants car leurs spires peuvent être source d'irritation chronique (157,171).

Les atteintes labio-mentonnières sont quasi-constants dans la période post-opératoire immédiate. La durée des troubles est très variable : quelques auteurs rapportent une récupération sensitive en quelques semaines à quelques mois, mais dans de nombreux cas les atteintes sont prolongées au-delà de 12 mois, voire permanentes. *Hirsch et Branemark* ont ainsi constaté la persistance de 12,5% d'hypoesthésies à 3 ans, *Kan et coll.* ont retrouvé plus de 50% de troubles persistant au-delà de 10 mois, et *Rosenquist et coll.* 4% d'hypoesthésies et 1% d'anesthésies à 18 mois (156,157,162). Dans de rares cas, l'atteinte sensitive peut se traduire par des hyperesthésies ou des dysesthésies douloureuses, assez invalidantes pour le patient (160,165).

L'incidence de ces troubles selon la technique utilisée est très controversée. *Smiler* considère que la latéralisation partielle n'implique pas une dissection des branches terminales du nerf mentonnier, la manipulation du tronc nerveux ne se fait que dans sa portion la plus large, ce qui entraîne moins de risques de troubles sensitifs (169). Néanmoins divers auteurs sont d'avis que cette technique, bien

que moins invasive, peut résulter en une traction plus importante du nerf par rapport à la latéralisation totale, au cours de laquelle la branche incisive est sectionnée pour permettre un déplacement sans tension du NAI. De plus, dans la latéralisation partielle, le nerf reste en tension, soit au contact osseux soit directement au contact des implants, d'où un risque majoré de séquelles nerveuses (157,159,164).

Kan et coll. ont comparé l'incidence de troubles sensitifs suite à des latéralisations partielles ou totales du NAI. Ils ont constaté 33,3% de troubles de la sensibilité au toucher et de la discrimination spatiale suite aux latéralisations partielles, tandis que pour les sites ayant subi une latéralisation totale ils étaient de 77,8% (157).

Nocini et coll. ont également réalisé une évaluation subjective et objective, par des tests neurosensitifs, de la fonction du nerf alvéolaire inférieur suite à des latéralisations totales ou partielles. Ils ont constaté une diminution de la vitesse de conduction nerveuse post-opératoire dans 70% des cas, ainsi qu'une diminution de plus de 50% de l'amplitude des potentiels d'action enregistrés. Ces troubles étaient corrélés cliniquement à une baisse de la discrimination spatiale mais pas à la perception thermique ou douloureuse. Par ailleurs, ils ont observé que l'importance des lésions nerveuses semble indépendante du degré de transposition et de la technique utilisée. Pour ces raisons, les auteurs favorisent la technique de latéralisation partielle, moins invasive (155).

Malgré une incidence élevée de troubles sensitifs persistants, ceux-ci sont généralement légers et bien tolérés par l'ensemble des patients (155,174).

Parmi les mesures mises en place en post-opératoire afin de favoriser la régénération nerveuse, l'instauration d'une vitaminothérapie (B1 et B6) au long cours en post-opératoire peut être envisagée (158); de même, certains auteurs réalisent des sessions de laser basse fréquence, avec de bons résultats (168). Quoi qu'il en soit, l'administration de corticoïdes est utile pour limiter l'œdème et la compression du nerf.

- Infection

L'infection du site opératoire est une complication peu fréquente mais potentiellement grave. En effet, 4 études ont décrit la survenue d'une ostéomyélite dans les suites de la chirurgie (156,163,171). *Rosenquist* estime qu'une incision vestibulaire, placée à proximité du volet osseux vestibulaire, favorise le risque infectieux (171).

Dans certains cas, suite à une latéralisation totale, la section du nerf incisif peut aboutir à une nécrose de la canine et incisives mandibulaires, nécessitant leur traitement endodontique (167,168). Néanmoins, nous n'avons retrouvé aucune étude ayant rapporté cette complication.

- Fracture mandibulaire

Une fracture mandibulaire spontanée peut dans de rares cas survenir au cours des premières semaines suite à la latéralisation du NAI (174–176).

Les facteurs de risque majeurs d'une fracture mandibulaire sont la réalisation d'un volet vestibulaire volumineux, ainsi que le positionnement lingual du canal alvéolaire inférieur, nécessitant la dépose de plus grandes quantités osseuses pour accéder au site. En effet, la corticale mandibulaire représente sa portion la plus dense et résistante, ce qui explique que la dépose d'un volet vestibulaire volumineux et la pose concomitante des implants fragilise la mandibule. Le port de prothèses amovibles doit être évité lors des premières semaines et une alimentation molle sera privilégiée afin de diminuer les contraintes sur la zone opérée (166,174,175).

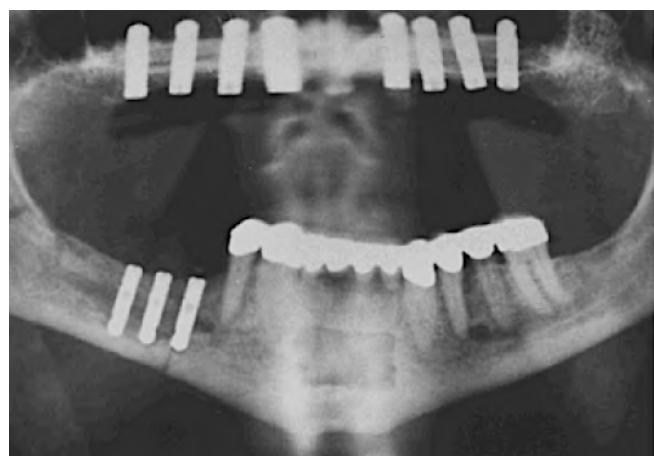


Figure 36 : fracture mandibulaire 3 semaines suite à la latéralisation du NAI secteur 4 (175).

- Résorption

Lorsque le NAI a une position très haute au sein de la crête alvéolaire, le volet doit être également placé dans une position très crestale, ce qui peut laisser une faible quantité d'os marginal péri-implantaire. Rosenquist a été confronté à plusieurs cas de résorption majeure suite au traitement de ce type de cas (171).



Figure 37 : illustration d'un positionnement trop crestal du volet osseux, compromettant le support et la stabilité implantaires (164).

2.5 Résultats

- Résorption

Assez peu d'études ont étudié la résorption péri-implantaire suite à la latéralisation du NAI. La majorité retrouve des valeurs très faibles à 12 et 18 mois, de l'ordre de 0,2 à 0,3 mm. *Ferrigno et coll.* rapportent une résorption bien plus importante, de 1 à 1,5 mm la première année mais, au-delà, la perte osseuse est quasi nulle (174).

- Taux de survie et taux de succès implantaire

Le taux de survie implantaire est compris entre 92,1% et 100%. La perte des implants a lieu le plus souvent durant la phase de cicatrisation, et est liée à des complications infectieuses ou fracturaires. Peu de données quant au taux de succès implantaire suite à la latéralisation du NAI existent dans la littérature. *Ferrigno et coll.* ont retrouvé un taux de succès de 90,5% à 4 ans, *Kan et coll.* 93,8% et *Rosenquist* 96% un an et demi suite à la mise en fonction des implants (157,159,174). *Hirsch et Branemark* ont constaté de bien meilleurs résultats avec une technique de latéralisation partielle (100% de succès) par rapport à une latéralisation totale (80% de succès) (156).

Une synthèse des études portant sur la latéralisation du nerf alvéolaire inférieur est présentée dans le tableau 6 (154–156,158,159,161–163,167,169,170,173).

Tableau 6: études sur la latéralisation du NAI

Etude	Type latéralisation	Nb sites	Nb implants	Résorption	Taux survie implantaire	Taux succès implantaire	Suivi moyen	Echecs/complications
Chrcanovic et Custodio 2009	totale	18	25				6 M	100% paresthésies transitoires < 6 M
Ferrigno et coll. 2005	partielle	19	46	1-1,5 mm à 1 A < 0,1 mm au-delà	95,70%	90,50%	49,1 M	1 fracture mandibulaire spontanée à 3 S 10 troubles sensitifs subjectifs donc 1 permanent 21,1% troubles objectifs (tests neurosensitifs) perte 2 implants avant MEC 2 infections péri-implantaires
Friberg et coll. 1992	totale	10	23				6-12 M	1 ostéomyélite à 7 M 100% troubles sensitifs à 1 S 30% troubles sensitifs à 6 M pas de trouble persistant perte 3 implants
Hirsch et Branemark 1995	totale partielle	10 14	63		92,10%	80% 100%	3 ans	1 ostéomyélite perte 7 implants 100% troubles sensitifs 12,5% hypoesthésies permanentes
Jensen et coll. 1994	totale	10	21	0,2 mm à 12 M	100%		23 M	4 troubles sensitifs à 3 M 2 troubles sensitifs à 6 M 1 trouble sensitif persistant à 12 M
Kan et coll. 1997	totale partielle	9 12	64		93,80%		41,3 M	1 hémorragie per-opératoire 1 fracture mandibulaire spontanée 1 ostéomyélite perte 4 implants 100% hypoesthésies post-opératoires 52,4% troubles sensitifs objectifs > 10 M
Morrison et coll. 2002	totale	20	30		100%		6 M	100% troubles sensibilité pendant 1 M 20% troubles persistants 1 dysesthésie douloureuse pendant 3 M
Nocini et coll. 1999	partielle totale	7 11					18 M	100% troubles sensitifs subjectifs 70,5% diminution vitesse conduction nerveuse
Peleg et coll. 2002	totale	10	23		100%		28 - 46 M	6 hypoesthésies transitoires < 6 S
Rosenquist 1992	totale	10	26	0,2 mm à 18 M		96%	18 M suite MEC	7 troubles sensitifs à 1 S 2 troubles sensitifs à 6 M pas de trouble persistant > 12 M perte 1 implant
Rosenquist 1994 et 1995	totale	114	287	0,3 mm à 12 M 94,2% à 12 M 93,6% à 18 M	95,2% à 6 M 94,2% à 12 M 93,6% à 18 M		6 - 18 M	hémorragies per-opératoires 7 infections dont 2 ostéomyélites 5 résorptions osseuses majeures perte 12 implants 48% anesthésies et 32% hypoesthésies à 1 S 3% anesthésies et 21% hypoesthésies à 6 M 1% anesthésies et 4% hypoesthésies à 18 M
Sethi 1995	totale	14						1 infection à 1 M 7 hyperesthésies pendant 2 S 3 anesthésies < 1 S 2 hypoesthésies à 1 M pas de trouble persistant > 6 M

III. DISCUSSION

La distraction alvéolaire est la technique de reconstruction des secteurs mandibulaires postérieurs ayant fait l'objet du plus grand nombre de publications, suivie de la greffe en inlay et de la régénération osseuse guidée. Il existe peu d'études traitant des greffes en onlay verticales dans les secteurs mandibulaires postérieurs. Pourtant, cette technique semble être la plus employée dans notre pratique courante.

De larges disparités méthodologiques sont présentes entre les publications, notamment en termes de choix des paramètres étudiés, recueil et analyse des données, interprétation des résultats et type d'étude. La taille des échantillons étudiés est généralement réduite et ne dépasse pas quelques dizaines de patients. De même, peu d'études prospectives ont été publiées sur ces techniques de reconstruction, ce qui rend l'analyse des résultats et la comparaison des différentes techniques d'augmentation délicate.

Khojasteh et coll. ont souligné le fait que la grande majorité des études ne précisent pas quelle est la morphologie du défaut osseux reconstruit. Or, la présence de parois osseuses résiduelles et la largeur de la base du défaut osseux sont des facteurs essentiels jouant sur la stabilisation du greffon osseux et l'apport vasculaire nécessaire à l'intégration de la greffe et donc, indirectement, sur le gain vertical obtenu (177). L'utilisation d'une classification des défauts osseux lors d'études cliniques pourrait permettre de limiter le facteur confondant qu'est la morphologie du site dans les résultats obtenus.

Nous allons détailler, dans un premier temps, les résultats de notre analyse de la littérature, puis nous résumerons les avantages et inconvénients de chaque technique étudiée précédemment et, enfin, nous ferons une synthèse des critères décisionnels à prendre en compte et proposerons une stratégie thérapeutique pour la réhabilitation des secteurs mandibulaires postérieurs.

1) Comparaison des résultats des différentes techniques

- **Synthèse des résultats**

- Gain en hauteur :

D'après les études analysées, la régénération osseuse guidée permet d'obtenir un gain en hauteur moyen de 4 mm et la greffe en onlay un gain de 4,3 mm ; celui-ci est de 6 mm pour la greffe en inlay et de 7,2 mm pour la distraction alvéolaire.

Aucune différence significative en termes de gain en hauteur n'a pu être mise en évidence entre les techniques de ROG en 1 ou 2 temps, ni entre l'utilisation de membranes résorbables ou non résorbables. Il en est de même pour les distracteurs extra ou intra-osseux. Pour ce qui est du biomatériau osseux, l'os autogène est toujours considéré comme le gold standard pour les augmentations osseuses, notamment les greffes en onlay. Néanmoins, pour la ROG et les greffes en inlay, diverses études ont montré qu'il était possible d'obtenir un gain en hauteur aussi important, voire plus important, avec des substituts osseux tels des xénogreffes ou des biomatériaux synthétiques (28,80,84). Cette constatation semble être confirmée par la méta-analyse de *Papageorgiou et coll.* analysant tous les types de reconstructions alvéolaires (178).

- Résorption :

Pour ce qui est du taux de résorption à l'issue de la période de cicatrisation de la greffe, la technique de ROG présente les plus faibles valeurs (0,76 mm en moyenne), suivie de la distraction alvéolaire (0,94 mm), de la greffe en inlay (1,02 mm) et de la greffe en onlay (1,2 mm). Un an suite à la mise en charge des implants, ce sont les greffes en inlay et en onlay qui présentent les plus faibles taux de résorption péri-implantaire (0,8 mm). Les implants courts subissent en moyenne 0,9 mm de résorption et les implants posés dans des sites distractés 1,3 mm. À 3-4 ans, les sites greffés en onlay présentent la meilleure stabilité dimensionnelle, avec une résorption moyenne de 0,5 mm, tandis que pour les implants courts et la distraction alvéolaire elle s'élève à 1 et 1,6 mm respectivement. Très peu d'études ont recensé le taux de résorption suite à la latéralisation du NAI. Une équipe a retrouvé une résorption de 1 à 1,5 mm la première année mais les années suivantes elle est en moyenne inférieure à 0,2 mm (174). Ces résultats sont cependant à nuancer car toutes les études n'ont pas étudié ce paramètre avec suffisamment de recul.

- Taux de survie et de succès implantaire :

De nombreuses publications n'évaluent pas le taux de survie implantaire. Les publications concernant la distraction alvéolaire et la greffe en onlay rapportent des taux de survie de 100%, avec des suivis allant jusqu'à 4 ans. Pour la greffe en inlay et la ROG, le taux d'échec implantaire est quasi

nul. Seule une étude portant sur la greffe en inlay et deux études sur la ROG retrouvent des valeurs inférieures à 100% (95,45%, 93,6% et 98,2% respectivement) (3,21,87). Pour les implants courts, deux publications ont présenté un taux de survie inférieur à 100% (21,152). Celui-ci est moins élevé dans les sites traités par latéralisation du NAI, mais reste supérieur à 90%.

La classification la plus fiable et la plus employée afin d'évaluer le taux de succès implantaire est la classification d'*Albrektsson* et coll. Celle-ci évalue la mobilité implantaire, le taux de résorption annuel, qui ne doit pas dépasser 0,2 mm après la première année de mise en charge, l'absence de troubles infectieux, nerveux et de douleurs, ainsi que l'absence de lyse osseuse radiologique (179). La ROG semble être la technique possédant les plus faibles taux de succès implantaires. Ils sont en moyenne proches de 90%, mais une étude a présenté des résultats peu favorables, avec un taux de succès global de 72% (3). Les implants posés suite à une greffe en inlay ou une latéralisation du nerf alvéolaire inférieur affichent des taux de succès similaires, proches de 92%. Ceux-ci sont légèrement supérieurs pour la greffe en onlay, avoisinant les 93%. Enfin, les études sur la distraction alvéolaire rapportent les taux de succès les plus élevés, avec une moyenne de 95,6%. Néanmoins, ces résultats sont à pondérer car les données relatives au taux de succès implantaire ne sont pas fournies dans toutes les études. De même, l'évaluation du taux de succès implantaire est très variable selon les outils radiologiques employés, les classifications utilisées, la méthode de recueil des données et les systèmes implantaires. Il est donc difficile de confirmer la supériorité d'une technique par rapport à une autre avec les données actuelles de la littérature.

- **Études comparatives**

Suite à notre revue de la littérature, nous avons retrouvé 13 études comparant les résultats des différentes techniques de reconstruction verticale des secteurs mandibulaires postérieurs.

Chiapasco et coll. ont comparé l'utilisation de la distraction alvéolaire et de la ROG en 1 ou 2 temps dans une étude prospective, avec un suivi de 1 à 3 ans. Ils ont constaté que l'utilisation de la ROG était limitée à des défauts osseux modérés (2 à 7 mm), tandis que la distraction permettait un gain osseux jusqu'à 15 mm. De plus, la ROG présentait un taux de complications bien supérieur à celui de la distraction, avec notamment un risque non négligeable d'exposition de la membrane (27,3%) ainsi qu'à plus de morbidité en cas de prélèvement autogène. Par ailleurs, la résorption au cours de la période de cicatrisation ainsi que la résorption péri-implantaire étaient supérieures chez les patients traités par ROG. Les auteurs ont conclu que la distraction semble être une technique fiable, plus physiologique, permettant une élongation simultanée des tissus mous et de l'os alvéolaire, et

présentant moins de complications. Elle permettrait un meilleur maintien du gain osseux dans le temps, avec des résultats implantaires semblables à ceux obtenus dans l'os natif.

Une deuxième étude prospective a permis de confronter les résultats obtenus avec la distraction alvéolaire et des greffes en onlay, avec un recul de 2 à 4 ans. Le taux de complications était supérieur pour les patients traités par greffe en onlay. Néanmoins, ces complications étaient essentiellement des troubles de la sensibilité labio-mentonnière liés au prélèvement ramique. Le gain osseux obtenu était plus important dans le groupe traité par distraction, et le taux de résorption avant la mise en place des implants était plus faible dans ce groupe. Cependant, la résorption péri-implantaire était sensiblement la même pour les deux techniques. Quant aux taux de survie et de succès implantaires, ils étaient semblables pour les deux groupes, ainsi que les paramètres péri-implantaires évalués (indice de plaque, indice de saignement, profondeur de sondage). Les auteurs ont constaté que les résultats implantaires obtenus à l'issue de cette étude étaient comparables à ceux obtenus dans l'os natif (68). Ces résultats ont été confirmés par *Elo* et coll. dans une étude rétrospective (69).

Bianchi et coll. ont évalué de façon prospective la distraction alvéolaire et la greffe en inlay. Ils ont constaté que la distraction permettait un gain en hauteur supérieur à la greffe en inlay, mais avec un taux de complications bien plus conséquent : 60% contre 14,3% pour la greffe sandwich. De même, plusieurs cas traités par distraction ont nécessité un remodelage secondaire du site ou une greffe osseuse supplémentaire à l'issue de la phase de consolidation. Néanmoins, aucune différence significative n'a été observée en termes de résorption et de succès implantaire. Pour les auteurs la greffe en inlay paraît plus adaptée que la distraction car elle permet de corriger un défaut osseux vertical en une seule intervention et ses résultats ne sont pas tributaires de l'efficacité mécanique d'un dispositif ou de la compliance du patient (89).

Deux équipes ont publié des études prospectives contrôlées afin de comparer la ROG et la greffe en onlay dans la réhabilitation verticale des secteurs mandibulaires postérieurs. *Leong* et coll. ont constaté que la greffe en onlay permettait d'obtenir un gain en hauteur supérieur à la ROG en 2 temps, ainsi qu'une meilleure stabilité dimensionnelle. Les auteurs expliquent ces résultats par le fait qu'un bloc osseux garantit un meilleur soutien de l'espace greffé, et permet de mieux résister à l'affaissement des tissus mous que des vis en toile de tente associées à une membrane renforcée titane. Néanmoins, la greffe en onlay présentait un taux de complications bien supérieur à la ROG, avec 77,8 % d'expositions osseuses contre 30% pour la ROG (9).

Rocchietta et coll. ont évalué la régénération obtenue avec un bloc osseux ou de l'os particulaire associés à une membrane non résorbable. En termes de gain osseux et de résorption, les auteurs n'ont pas constaté de nette différence entre les deux techniques, cependant, à l'analyse

histomorphométrique, le contact os-implant et le pourcentage d'os néoformé étaient supérieurs pour le groupe traité avec un bloc osseux, favorisant la technique en onlay (18). Il convient de noter que ces études sont très récentes, et ne possèdent pas encore le recul nécessaire pour affirmer si une différence en termes de taux de survie et de succès implantaire peut être établie entre ces deux techniques.

Une seule équipe a comparé de façon prospective l'utilisation de greffes en inlay et de greffes en onlay avec de l'os autogène dans les secteurs mandibulaires postérieurs. La greffe en onlay a permis l'obtention d'un gain en hauteur supérieur à la greffe en inlay, mais présentait un taux de résorption cinq fois supérieur avant la mise en place des implants. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'un segment osseux déplacé coronairement tout en restant attaché à son périoste subit moins de résorption qu'un greffon libre, non vascularisé, apposé sur la crête. Les taux de complications étaient sensiblement les mêmes pour les deux groupes de patients, ainsi que les taux de résorption, survie et succès implantaire observés à 18 mois. Pour les auteurs, la greffe en inlay semble une technique plus fiable, mais nécessite une courbe d'apprentissage plus longue que la greffe en onlay (67).

Plusieurs études prospectives randomisées ont comparé l'utilisation d'implants courts et d'implants longs placés dans un os greffé par une technique en inlay.

Felice et coll. ont évalué l'utilisation d'implants de 6,6 et 7 mm de longueur et de 4 mm de diamètre dans les secteurs mandibulaires postérieurs, et les ont comparés à des implants de 11 mm dans un os greffé. Ils ont constaté que le taux de complications était nettement supérieur pour le groupe traité par greffe en inlay. Pour ces patients, le temps de traitement était allongé de 5 mois en moyenne, et nécessitait une intervention supplémentaire. À 5 ans, le taux de résorption péri-implantaire était nettement plus élevé pour les patients traités avec une greffe osseuse : 2,34 mm contre 1,49 mm pour les implants courts. Cependant, une différence statistiquement significative n'a pu être mise en évidence entre les deux techniques en termes de taux d'échec implantaire; le taux de succès n'était pas évalué. Les auteurs ont conclu que ces deux techniques semblent offrir les mêmes résultats implantaires à moyen terme, mais que la morbidité, durée de traitement et coût sont nettement diminués par l'utilisation d'implants courts (94,98,150).

L'utilisation d'implants de 5 mm de longueur et de diamètre élevé (6 mm) a également été étudiée. Dans un tiers des cas traités par greffe en inlay, l'augmentation osseuse n'a pas été suffisante pour pouvoir placer des implants longs, et ces patients ont été réhabilités avec des implants plus courts que ceux prévus initialement. Le taux de complications global ainsi que le taux de résorption péri-implantaire à un an étaient légèrement supérieurs pour le groupe traité par greffe en inlay. Néanmoins, à 3 ans, les deux techniques présentaient le même taux d'échec implantaire (95–97).

Enfin, *Pistilli* et coll. ont évalué l'utilisation d'implants de 6 mm de longueur et de diamètre standard (4 mm) face à des implants longs dans un secteur greffé. Le groupe traité par greffe en inlay a présenté 4 complications majeures, tandis qu'aucune complication n'a été rapportée avec des implants courts. Les résultats à 1 an post mise en charge sont encourageants, avec un taux de survie supérieur pour les patients traités par implants courts.

Aucune publication n'a comparé les techniques de ROG, distraction alvéolaire et greffe en onlay avec l'utilisation d'implants courts dans les secteurs mandibulaires postérieurs. Même si les résultats face à des greffes en inlay sont encourageants, il nous semble nécessaire d'attendre des études ayant un recul à 10 ans pour garantir une supériorité du traitement par implants courts.

- **Revues de la littérature**

Diverses revues de la littérature portant sur les augmentations osseuses verticales, tous secteurs confondus, semblent présenter des résultats semblables à ceux de notre analyse. Ainsi, *Rocchietta* et coll. ainsi que *Tonetti* et coll. ont constaté que la ROG, la distraction alvéolaire et la greffe en onlay permettent des gains en hauteur de 2-8 mm, 5-15 mm et 4,2-4,6 mm respectivement. Les taux de survie des implants placés dans des sites reconstruits par distraction alvéolaire allaient de 90% à 100%. Pour la ROG, ils variaient entre 92,1 et 100%, mais étaient plus faibles pour la greffe en onlay : 76 à 100%. La distraction alvéolaire présentait le taux de complications le plus élevé (10 à 75,7%), suivie de la ROG (0 à 45,5%). Quant à la résorption osseuse, elle était significativement plus importante suite aux greffes en onlay (180,181).

Esposito et coll. ont mis en évidence à travers une méta-analyse que le taux d'échec implantaire et de complications était supérieur lors d'augmentations verticales par rapport à l'utilisation d'implants courts. Parmi les 4 techniques de reconstruction verticale utilisées, la distraction alvéolaire était celle permettant la plus grande augmentation osseuse. Aucune différence statistiquement significative de gain vertical n'était constatée entre la ROG et les greffes en inlay et onlay.

Plus récemment, *Clementini* et coll. ont procédé à une revue systématique de la littérature afin de déterminer le taux de succès des implants placés dans des sites réhabilités verticalement par ROG au maxillaire et à la mandibule. Ils ont retrouvé que le taux de survie allait de 93,75% à 100% et le taux de succès était compris entre 61,5% et 100% (1). Ces résultats sont proches de ceux retrouvés dans notre analyse pour les secteurs mandibulaires postérieurs.

Enfin, en 2014, *Milinkovic* et *Cordaro* ont mis en évidence qu'il est possible de reconstruire des défauts osseux verticaux jusqu'à 4,1 mm avec une ROG en 1 temps, et jusqu'à 4,7 mm avec un protocole en 2 temps. Lorsque le gain souhaité est supérieur à 4 mm, la greffe en onlay permet une

augmentation de 4,7 mm. Quant à la distraction alvéolaire, elle est, selon les auteurs, indiquée lors de la correction de défauts osseux de plus de 7 mm (133).

Parmi les différentes techniques étudiées, il semblerait que la distraction alvéolaire est la technique permettant la plus importante augmentation osseuse. Des gains supérieurs à 10 mm ont été rapportés par de nombreux auteurs (117,128). Néanmoins, la technicité liée à la pose du distracteur, les contraintes liées au traitement, l'importance et la difficulté de gestion des complications post-opératoires limitent l'utilisation de cette thérapeutique en pratique courante. Elle peut être néanmoins une solution adaptée aux situations nécessitant une augmentation osseuse majeure, sans que la laxité des tissus mous soit un frein à la reconstruction.

Comme la distraction alvéolaire, la greffe en inlay ne peut être utilisée dans toutes les situations cliniques : elle n'est pas adaptée au traitement d'édentements unitaires ni de crêtes fines. Le taux de complications associé à la greffe en inlay est moins important que celui de la distraction, mais cette technique ne permet pas une augmentation osseuse aussi importante car le gain vertical est limité par la laxité du pédicule lingual (89).

La ROG et la greffe en onlay ont l'avantage d'être des techniques polyvalentes, adaptées à toutes les morphologies de crête et à tous types d'édentement (40,68). La ROG est particulièrement adaptée aux édentements unitaires et aux situations nécessitant un faible gain osseux. La greffe en onlay peut, en théorie, être utilisée pour tout degré d'augmentation. Néanmoins, la laxité et la qualité des tissus mous présents sur le site vont influencer les possibilités de recouvrement de la greffe ainsi que le risque de désunion.

La gestion des tissus mous est peu évoquée dans les publications sur les reconstructions osseuses. Or, elle semble être primordiale afin d'éviter des désunions et échecs lors de la ROG, des greffes en onlay et, dans une moindre mesure, des greffes en inlay (2,9). *Leong* et coll. ont constaté qu'une épaisseur du lambeau et une largeur de gencive kératinisée inférieures à 3 mm triple le risque de désunion du site (9). Afin de gagner en laxité, la réalisation d'incisions périostées vestibulaires et la levée d'un lambeau lingual jusqu'à la ligne mylo-hyoïdienne sont décrites par la majorité des auteurs. Néanmoins, ces gestes ne sont parfois pas suffisants pour obtenir une fermeture complètement passive du site. De plus, les incisions périostées peuvent entraîner une rupture de la vascularisation vestibulaire. Divers auteurs ont proposé des modifications techniques lors de la réalisation du lambeau. *Ogata* et coll. ont notamment mis au point une technique de dédoublement du lambeau vestibulaire en deux plans, muqueux et périosté, et ont constaté une nette augmentation de la laxité obtenue par rapport à une technique classique d'incisions périostées (182). Par ailleurs, la fermeture sous tension de la muqueuse suite à une augmentation osseuse va entraîner une mise en tension des

tissus et une diminution de leur perfusion. Pour ces raisons, divers auteurs se sont penchés sur l'utilisation d'expandeurs, placés sous le périoste, afin d'augmenter la surface muqueuse disponible pour le recouvrement de la greffe. Des expandeurs en silicium peuvent être utilisés et permettent l'obtention d'une distension muqueuse en 2 à 3 semaines par injection d'une solution saline au sein du ballon (183,184). D'autres équipes favorisent l'utilisation d'expandeurs osmotiques, constitués d'une matrice d'hydrogel ou d'un polymère de méthylmétacrylate, qui vont se gonfler progressivement par l'absorption de fluides biologiques. Ceci permet d'éviter le phénomène d'ischémie transitoire de la muqueuse lors du gonflage de l'expander siliconé (184,185). L'utilisation d'expandeurs semble améliorer la perfusion muqueuse du site et diminuer le risque de désunions suite à la greffe, mais reste une solution contraignante et peu documentée pour le moment (185).

Il existe peu de publications s'intéressant spécifiquement aux implants courts dans les secteurs mandibulaires postérieurs. De plus, la plupart des études sur les implants courts ne compare pas les résultats obtenus avec l'utilisation d'implants longs dans un os greffé, ce qui nous semble peu pertinent. Les données actuelles sur les taux de survie de ces implants sont encourageantes, mais nous ne possédons pas encore assez de recul sur cette technique. Le risque majeur de cette thérapeutique est la résorption péri-implantaire, notamment pour les implants de moins de 7 mm (150). Ainsi, lorsqu'une hauteur osseuse résiduelle ne permet pas la pose d'implants de plus de 7 mm et qu'un rapport couronne/implant est défavorable, le recours à une technique d'augmentation osseuse doit être également considéré.

Lorsqu'une reconstruction osseuse ou la mise en place d'implants courts ne peuvent être envisagées, la latéralisation du NAI peut être une alternative. Néanmoins, du fait de l'importante morbidité causée par cette technique, son indication doit être posée avec précaution.

Enfin, la pose d'implants de longueur standard en lingual du canal alvéolaire inférieur a été décrite par plusieurs auteurs, mais seuls de rares cas se prêtent à ce type d'implantation (186,187).

2) Avantages et inconvénients de chaque technique

2.1 Régénération Osseuse Guidée

Avantages (4)

- amélioration du rapport couronne/implant
- reconstruction de défauts verticaux et horizontaux
- réduction de la durée de traitement : possibilité de réaliser l'augmentation et la pose des implants en un seul temps
- prédictibilité des résultats depuis l'apparition de membranes armées ou renforcées titane
- bons résultats avec des substituts osseux

Inconvénients (11,17,40)

- reconstruction limitée à des défauts modérés (4 mm)
- risque d'exposition de la membrane
- nécessité d'un 2^e temps opératoire pour déposer les membranes non résorbables, parfois difficile
- coût de la membrane +/- du biomatériau osseux
- port d'une prothèse amovible fortement déconseillé

2.2 Greffe en onlay

Avantages (67,68)

- amélioration du rapport couronne/implant
- gain en hauteur théoriquement « illimité »
- adaptation à toutes les situations cliniques : reconstruction de défauts mixtes et de tout type d'édentement
- absence de contraintes anatomiques (hauteur minimale au-dessus NAI)
- faible coût (os autogène)

Inconvénients (69)

- risque de désunion
- morbidité en cas de prélèvement autogène
- nécessité de dépose du matériel d'ostéosynthèse
- allongement du temps de cicatrisation de 6 mois en moyenne
- port d'une prothèse amovible déconseillé

2.3 Greffe en inlay

Avantages (73,78,83,89)

- amélioration du rapport couronne/implant
- diminution du risque de résorption et d'infection (vascularisation du greffon garantie par le périoste lingual)
- possibilité de placer le fragment crestal dans la position tridimensionnelle souhaitée
- moindre risque de désunion
- prédictibilité de la technique
- faible morbidité
- possibilité de se passer de matériel d'ostéosynthèse

Inconvénients (67,82)

- correction de défauts verticaux uniquement
- nécessité d'une hauteur minimale au-dessus du NAI (6 mm)
- limitation du gain en hauteur par la laxité du périoste lingual (5 à 8 mm en moyenne)
- allongement du temps de cicatrisation de 5 mois

2.4 Distraction alvéolaire

Avantages (100,103,117,130,138)

- amélioration du rapport couronne/implant
- importance du gain osseux (> 10 mm)
- absence de site donneur
- diminution du risque de résorption et d'infection (vascularisation du greffon garantie par le périoste lingual)
- allongement des tissus mous
- période de consolidation plus courte que celle des greffes (3 à 4 mois)
- faible survenue de troubles neurologiques car étirement progressif du nerf mentonnier

Inconvénients (68,89,134)

- technique contraignante (RDV multiples, période d'activation) : collaboration du patient impérative
- inconfort (présence de matériel endo-buccal)
- coût du distracteur (extra-osseux surtout)
- contraintes anatomiques (nécessité d'une hauteur minimale au-dessus NAI (6 mm), d'une crête large, d'un édentement plural)
- difficulté technique de mise en place et parfois de dépose du distracteur
- difficulté de contrôle du mouvement de distraction
- taux de complications élevé
- port d'une prothèse amovible impossible

2.5 Implants courts

Avantages (96,149,150)

- simplicité de mise en œuvre
- réduction du temps de traitement
- peu de complications et de morbidité
- faible résorption
- moindre coût
- gestion facile des échecs

Inconvénients (150)

- risque majeur d'échec implantaire en cas de résorption
- rapport couronne/implant défavorable

2.6 Latéralisation du nerf alvéolaire inférieur

Avantages (167,168)

- amélioration relative du rapport couronne/implant (possibilité de placer des implants longs)
- réduction du temps de traitement
- faible coût

Inconvénients (158,162,167)

- importance du risque de séquelles nerveuses
- difficulté technique
- délabrement osseux lors de la réalisation du volet vestibulaire

3) Critères décisionnels et stratégie thérapeutique

Lorsqu'un patient se présente pour une réhabilitation du secteur mandibulaire postérieur, divers paramètres cliniques doivent être pris en compte, l'objectif étant de proposer au patient le traitement le plus fiable, le plus simple et le moins morbide. Néanmoins, à ces considérations cliniques viennent s'ajouter des paramètres humains tels l'expérience chirurgicale de l'opérateur, les souhaits du patient, notamment en termes de temps de traitement ou de choix d'un site donneur, ainsi que des considérations financières.

Nous allons donc exposer les critères à étudier successivement pour pouvoir proposer la solution la plus adaptée à chaque situation clinique.

3.1 Critères décisionnels

- Type d'édentement

L'un des premiers paramètres à évaluer lorsque l'on souhaite réhabiliter un secteur édenté est le type d'édentement. En effet, certaines techniques d'augmentation osseuse sont plus adaptées à des édentements pluraux qu'à des édentements unitaires. C'est le cas notamment de la distraction alvéolaire et de la greffe en inlay. La présence des dents adjacentes va gêner la réalisation des ostéotomies et la mobilisation du fragment crestal. De même, la mise en place d'un distracteur sera difficile dans un espace réduit (106). La ROG et la greffe en onlay sont des techniques plus facilement réalisables lorsqu'une seule dent est absente. En présence d'un édentement encastré, la pose d'un implant court peut être également envisagée puisque la présence des dents adjacentes le protègera d'une surcharge occlusale (146). Pour ce qui est de la latéralisation du nerf alvéolaire inférieur, le déplacement nerveux ne peut se faire sans compromettre l'innervation et la vascularisation des dents postérieures à l'édentement, raison pour laquelle on la réserve aux situations d'édentement terminal.

- Espace prothétiquement utilisable

La mesure de la distance inter-arcades et de la hauteur osseuse résiduelle permettront au praticien d'évaluer le futur ratio hauteur coronaire/longueur de l'implant. Une augmentation de l'espace prothétiquement utilisable (EPU) génère le plus souvent un rapport couronne/implant défavorable,

pouvant mettre en péril le pronostic de la réhabilitation. Ainsi, une augmentation de la distance inter-arcades pose l'indication d'une augmentation verticale, quelle qu'elle soit (126). En revanche, lorsqu'une diminution de l'espace prothétique est associée à une insuffisance de hauteur osseuse, la pose d'implants courts ou d'implants longs suite à une latéralisation du nerf alvéolaire inférieur peut être envisagée. Les implants courts offrent de bons résultats à condition que l'os natif présente une densité suffisante (149). En présence d'un os de type 4, selon la classification de *Lekholm et Zarb*, la technique de latéralisation semble plus indiquée. Cette situation est néanmoins rare dans le secteur mandibulaire postérieur.

- Morphologie du défaut osseux

Une fois l'indication de reconstruction verticale posée, la morphologie du défaut osseux doit être évaluée. Il est fréquent de retrouver l'association d'une résorption verticale et horizontale. Face à cette situation, seules la régénération osseuse guidée et la greffe en onlay vont permettre une reconstruction de la crête édentée (58).

- Hauteur osseuse résiduelle

La greffe en inlay et la distraction alvéolaire ne peuvent être envisagées si la hauteur osseuse au-dessus du nerf alvéolaire inférieur est inférieure à 6 mm (73,127). Une greffe en onlay ou une ROG devront être réalisées le cas échéant.

- Gain en hauteur souhaité

La régénération osseuse guidée permet de reconstruire de façon fiable de petits défauts osseux verticaux, allant jusqu'à 4 mm en moyenne. Pour des défauts plus importants, une autre technique de reconstruction doit être privilégiée. La greffe en inlay permet un gain en hauteur moyen de 6 mm d'après notre analyse, et est donc adaptée aux défauts osseux modérés. Lorsqu'une augmentation verticale majeure est souhaitée, supérieure à 8 mm, la distraction alvéolaire semble être la solution la plus fiable (89,128). La greffe onlay permet une augmentation verticale illimitée en théorie, néanmoins, en pratique, ce geste est généralement limité par une insuffisance de laxité de la muqueuse (67). Ainsi, le gain maximal moyen rapporté avec la greffe en onlay est de 7,8 mm (58).

- Morbidité

D'après notre analyse, la distraction alvéolaire semble être la technique présentant le plus de complications post-opératoires, ainsi que les complications les plus graves. De plus, elle est source d'inconfort pour le patient pendant la période de distraction et de consolidation osseuse. La greffe en inlay présente également un taux de complications per et post-opératoires non négligeable. La ROG et la greffe en onlay paraissent exposer le patient à moins de complications, mais le risque de désunion reste l'inconvénient majeur de ces deux techniques. La latéralisation du NAI entraîne quasi inéluctablement des troubles sensitifs, assez souvent persistants, ce qui doit amener le praticien à évaluer attentivement les bénéfices et risques de l'intervention (154). Seuls les implants courts entraînent une morbidité post opératoire quasi-nulle.

Le choix du greffon pour la reconstruction osseuse va également jouer sur la morbidité du geste. Ainsi, l'utilisation d'un substitut osseux devra être privilégiée si possible. L'utilisation de blocs osseux xénogéniques semble donner de bons résultats lors de greffes en inlay; de même, l'utilisation de particules de xénogreffe bovine a fait ses preuves dans la ROG (28,80). En revanche, l'os autogène demeure le gold standard pour la greffe en onlay.

- Simplicité technique

La simplicité du geste opératoire ainsi que les contraintes liées au traitement doivent être considérées et prises en compte par le chirurgien. D'après les études publiées, toutes les techniques présentées précédemment semblent pouvoir être réalisées sous anesthésie locale, en ambulatoire. Néanmoins, pour divers auteurs, l'anesthésie générale permet de pratiquer la distraction alvéolaire dans de meilleures conditions. Le cahier des charges de la distraction alvéolaire est exigeant : il s'agit d'une thérapeutique assez contraignante pour le patient, nécessitant une collaboration sans faille de celui-ci. La mise en place du distracteur est techniquement difficile, et la gestion des complications n'est pas souvent aisée (100,130). La greffe en inlay nécessite également une certaine maîtrise technique lors de la réalisation des ostéotomies, afin de ne pas fracturer le segment crestal ou léser le périoste lingual. Pour ce qui est de la ROG, la seule difficulté réside en l'adaptation et configuration de la membrane au défaut osseux. Le développement des membranes renforcées titane puis des membranes résorbables a permis de simplifier considérablement cette étape. Enfin, la greffe en onlay est une méthode assez simple d'un point de vue chirurgical, bien que les techniques de coffrage et de tunnélisation présentent une difficulté supplémentaire par rapport à la technique monobloc. Il convient de noter également que la réalisation d'un prélèvement autogène va augmenter la durée opératoire et la difficulté de l'intervention.

Parmi les alternatives aux reconstructions osseuses, la latéralisation est une chirurgie difficile d'un point de vue technique, et assez longue pour un opérateur peu expérimenté (162). Quant aux implants courts, ils constituent la solution la plus simple et rapide à mettre en œuvre.

Enfin, c'est l'expérience du praticien et sa maîtrise des différentes techniques chirurgicales qui lui permettront de faire un choix. En ce sens, la greffe en onlay présente l'avantage d'être applicable à presque toutes les situations cliniques (excepté les cas où la DVO est diminuée), permettant au praticien de reconstruire tous les types de défauts en ne maîtrisant qu'une technique (63).

- Temps total de traitement

Parmi les techniques de reconstruction verticale décrites, la ROG en 1 temps est celle offrant le temps de traitement le plus court puisqu'elle permet de concilier la période d'intégration de la greffe à la période d'ostéointégration des implants. Le temps de traitement est néanmoins plus long de 2 à 3 mois par rapport à la mise en place d'implants dans l'os natif. La distraction alvéolaire ne nécessite pas un temps de revascularisation et d'intégration de la greffe, seule la consolidation du cal osseux est attendue, et la pose des implants peut être envisagée à 3 mois. Dans l'ostéotomie d'expansion immédiate, la revascularisation du greffon se fait à partir de l'os basal et du segment crestal, qui reste vascularisé par le périoste lingual ; le temps de cicatrisation est ainsi un peu réduit par rapport à la greffe en onlay, où l'os apposé n'est revascularisé que de façon ascendante depuis l'os basal. Suite à une latéralisation du nerf alvéolaire inférieur, le temps de cicatrisation moyen est de 5 à 6 mois, aboutissant à un temps de traitement légèrement plus long qu'avec des implants courts, pour lesquels la mise en charge se fait de façon classique, à 3 ou 4 mois.

- Coût

Les greffes en inlay et en onlay réalisées avec de l'os autogène représentent la solution la plus économique car le seul coût matériel de l'intervention est celui des vis ou plaques d'ostéosynthèse. La ROG peut également être une solution assez peu onéreuse si l'on utilise l'os du patient, seul le coût de la membrane est ajouté. Si le praticien a recours à de l'os de banque ou des substituts osseux, le prix augmentera considérablement, notamment en cas d'utilisation d'allogreffes. Enfin, le prix des distracteurs alvéolaires fait de la distraction la thérapeutique la plus coûteuse (188).

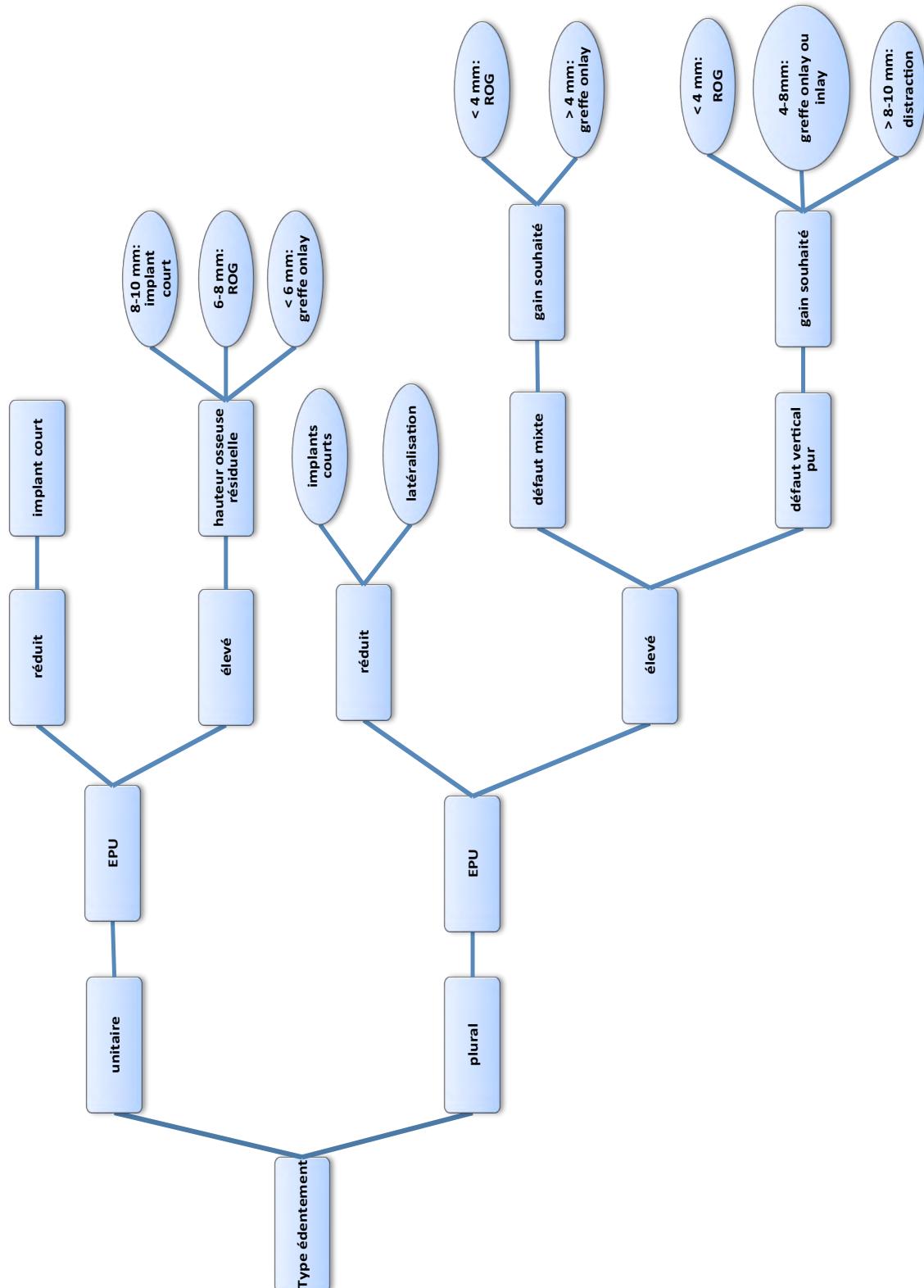
Il convient de noter que le recours à une anesthésie générale ou à une sédation intraveineuse implique une hospitalisation du patient et augmente de façon conséquente le coût du traitement.

3.2 Stratégie thérapeutique

Suite à notre analyse de la littérature, nous proposons ici une stratégie thérapeutique, sous la forme d'un arbre décisionnel, afin de réhabiliter les secteurs mandibulaires postérieurs présentant une résorption verticale.

Une fois l'ensemble de ces paramètres pris en compte, le praticien sera en mesure de proposer une technique de réhabilitation du secteur édenté, en ayant recours ou non à une technique d'augmentation osseuse. Après concertation avec le patient, les modalités de l'intervention telles le type d'anesthésie ou le type de greffon utilisé pourront être déterminés.

ARBRE DÉCISIONNEL POUR LA PRISE EN CHARGE D'UNE RÉSORPTION VERTICALE DU SECTEUR MANDIBULAIRE POSTÉRIEUR



EPU : espace prothétiquement utilisable

CONCLUSION

Notre revue de la littérature montre que les techniques de reconstructions verticales des secteurs mandibulaires postérieurs ont fait l'objet d'assez peu de publications prospectives et comparatives. L'analyse des études publiées sur le sujet nous a permis de constater qu'il n'existe pas une thérapeutique idéale et applicable à toutes les situations cliniques. Pour une même technique, le gain osseux est très variable d'une étude à l'autre, et semble parfois peu prévisible, notamment lors de la survenue de complications durant la période de cicatrisation de la greffe. La résorption du site augmenté est plus importante au cours de la période de cicatrisation et dans la première année suite à la pose des implants, mais semble se stabiliser par la suite pour l'ensemble des techniques. Les greffes en onlay, en inlay et la distraction alvéolaire possèdent les taux de survie et de succès implantaire les plus satisfaisants, mais les publications actuelles ne présentent que des résultats à moyen terme, et beaucoup d'entre elles n'évaluent pas ces éléments de façon systématique.

Divers paramètres cliniques sont à prendre en compte afin de pouvoir choisir la thérapeutique la plus adaptée à chaque cas : le type d'édentement, l'espace occlusal disponible, la morphologie du défaut osseux, la hauteur osseuse résiduelle et le degré d'augmentation souhaité. La ROG et la greffe en onlay sont les seules techniques d'augmentation adaptées à toutes les situations cliniques. Elles sont les seules indiquées dans les édentements unitaires et les défauts osseux mixtes, mais peuvent être également utilisées dans les édentements pluraux. La ROG est limitée à des reconstructions osseuses de 4 mm, mais le gain obtenu avec la greffe en onlay peut être bien supérieur. L'inconvénient majeur de ces deux techniques est le risque de désunion et d'exposition osseuse. La greffe en inlay et la distraction alvéolaire sont moins sujettes à cette complication puisqu'elles permettent le déplacement crestal d'un segment osseux attaché au périoste lingual. Néanmoins, elles nécessitent une morphologie de la crête alvéolaire favorable et sont techniquement plus délicates à mettre en œuvre. La greffe en inlay présente des résultats semblables à la greffe en onlay, tandis que la distraction alvéolaire permet des augmentations osseuses plus importantes, pouvant aller jusqu'à 15 mm. Malgré cela, cette dernière reste peu indiquée du fait de l'importante incidence de complications post-opératoires et des contraintes liées au traitement. Les implants courts semblent une bonne alternative aux reconstructions verticales, mais leur taux de survie au long terme n'a pas encore été évalué. Pour ce qui est de la latéralisation du nerf alvéolaire inférieur, ses indications restent limitées aux situations où la mise en place d'implants courts ne peut être envisagée.

Enfin, le choix d'une technique dépend également de l'expérience clinique du praticien et de sa maîtrise chirurgicale des différentes techniques, ainsi que des souhaits du patient et de ses contraintes financières.

Une connaissance des indications et limites des différentes techniques de reconstruction ainsi qu'une analyse raisonnée de chaque situation clinique permettront au praticien de proposer la solution la plus fiable, la moins contraignante et la plus adaptée aux attentes du patient.

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : protocole en 1 temps chirurgical. Les implants sont recouverts d'un mélange d'os autogène et d'allogreffe, et d'une membrane e-PTFE (6)	16
Figure 2 : protocole en 2 temps. Deux vis sont placées en toile de tente, puis le défaut osseux est comblé par des copeaux d'os autogène et recouvert d'une membrane e-PTFE (18).	17
Figure 3 : exposition d'une membrane e-PTFE à 3 mois (17).	21
Figure 4 : greffe en onlay monobloc avec un greffon ramique (55).....	28
Figure 5 : technique de coffrage avec un greffon pariétal (58).	29
Figure 6 : technique de tunnélisation. Une corticale est placée horizontalement au-dessus de la crête, puis l'espace créé est comblé par des particules osseuses. Une deuxième corticale est placée en vestibulaire afin de contenir les copeaux osseux (51).....	30
Figure 7 : exposition d'une greffe en onlay à 10 jours post-opératoires (58).	34
Figure 8 : résorption importante d'une greffe en onlay à 5 mois, sans désunion (55).	35
Figure 9 : principe de la greffe en inlay ou greffe sandwich (73).	40
Figures 10 et 11 : greffe en inlay avec un greffon ramique (gauche) (76) ; utilisation d'un bloc allogénique (droite) (81).....	42
Figure 12 : technique d'ostéotomie décrite par Yeung et coll. (90).....	42
Figure 13 : technique de greffe en inlay développée par Triaca (91).	43
Figure 14 : le distracteur extra-osseux TRACK (KLS Martin) (100).....	51
Figures 15 et 16 : le distracteur endo-osseux LEAD (Stryker) (100,101).	52
Figure 17 : l'implant-distracteur DISSIS (SIS Trade Systems) (100).....	52
Figure 18 : chronologie des étapes de la distraction alvéolaire (105).....	54
Figure 19: vue peropératoire d'un distracteur extra-osseux (114).	55
Figure 20: technique de l'ostéotomie en L ; une membrane peut être placée pour protéger le cal osseux lors de la distraction (116).....	55
Figure 21: système de distraction différentielle développé par Garcia-Garcia et coll. (118) ..	56
Figure 22 : exposition d'un distracteur extra-osseux à 2 mois (131).	59
Figure 23: fracture mandibulaire 4 semaines suite à la période de distraction (39).	60
Figure 24 : insuffisance d'ossification du cal osseux (132).	61
Figure 25 (gauche): la tension exercée par le mucopérioste lingual (C) va entraîner une déviation du vecteur de distraction (B) par rapport à l'axe souhaité (A) (129). Figure 26 (droite) : scanner de contrôle montrant l'inclinaison linguale du fragment crestal à l'issue de la période de distraction (134).	62
Figure 27 : séquence de forage pour des implants de 4 mm ; des butées sont placées sur les forets (145). ..	70
Figure 28 : technique de forage décrite par Anitua et coll. (21).	70
Figure 29 : résorption osseuse avancée sur des implants de 5 mm, 3 mois suite à leur MEC (97).	72

Figure 30 : résorption péri-implantaire à 3 ans sur des implants de 6,6 mm ; l'implant distal est plus touché par ce phénomène (150).....	73
Figure 31 : latéralisation partielle et totale d'après Jensen et Nock (154).....	76
Figure 32 : technique de latéralisation développée par Tao et coll. (161)	78
Figure 35 : technique de latéralisation totale ; le volet vestibulaire est broyé et utilisé pour recouvrir les implants (168).	79
Figure 36 : fracture mandibulaire 3 semaines suite à la latéralisation du NAI secteur 4 (175).	84
Figure 37 : illustration d'un positionnement trop crestal du volet osseux, compromettant le support et la stabilité implantaires (164).	85

BIBLIOGRAPHIE

1. Clementini M, Morlupi A, Canullo L, Agrestini C, Barlattani A. Success rate of dental implants inserted in horizontal and vertical guided bone regenerated areas: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012 Jul;41(7):847–52.
2. Chan H-L, Benavides E, Tsai C-Y, Wang H-L. A Titanium Mesh and Particulate Allograft for Vertical Ridge Augmentation in the Posterior Mandible: A Pilot Study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2015 Aug;35(4):515–22.
3. Fontana F, Grossi GB, Fimanò M, Maiorana C. Osseointegrated implants in vertical ridge augmentation with a nonresorbable membrane: a retrospective study of 75 implants with 1 to 6 years of follow-up. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2015 Feb;35(1):29–39.
4. Simion M, Trisi P, Piattelli A. Vertical ridge augmentation using a membrane technique associated with osseointegrated implants. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1994 Dec;14(6):496–511.
5. Artzi Z, Dayan D, Alpern Y, Nemcovsky CE. Vertical ridge augmentation using xenogenic material supported by a configured titanium mesh: clinicohistopathologic and histochemical study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003 Jun;18(3):440–6.
6. Ronda M, Rebaudi A, Torelli L, Stacchi C. Expanded vs. dense polytetrafluoroethylene membranes in vertical ridge augmentation around dental implants: a prospective randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2014 Jul;25(7):859–66.
7. Cucchi A, Ghensi P. Vertical Guided Bone Regeneration using Titanium-reinforced d-PTFE Membrane and Prehydrated Corticocancellous Bone Graft. *Open Dent J.* 2014;8:194–200.
8. Bazrafshan N, Darby I. Retrospective success and survival rates of dental implants placed with simultaneous bone augmentation in partially edentulous patients. *Clin Oral Implants Res.* 2014 Jul;25(7):768–73.
9. Leong DJ-M, Oh T-J, Benavides E, Al-Hezaimi K, Misch CE, Wang H-L. Comparison between sandwich bone augmentation and allogenic block graft for vertical ridge augmentation in the posterior mandible. *Implant Dent.* 2015 Feb;24(1):4–12.
10. Funato A, Ishikawa T, Kitajima H, Yamada M, Moroi H. A novel combined surgical approach to vertical alveolar ridge augmentation with titanium mesh, resorbable membrane, and rhPDGF-BB: a retrospective consecutive case series. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2013 Aug;33(4):437–45.
11. Louis PJ. Vertical ridge augmentation using titanium mesh. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am.* 2010 Aug;22(3):353–368, v.

12. Merli M, Lombardini F, Esposito M. Vertical ridge augmentation with autogenous bone grafts 3 years after loading: resorbable barriers versus titanium-reinforced barriers. A randomized controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2010 Aug;25(4):801–7.
13. Merli M, Migani M, Bernardelli F, Esposito M. Vertical bone augmentation with dental implant placement: efficacy and complications associated with 2 different techniques. A retrospective cohort study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006 Aug;21(4):600–6.
14. Merli M, Migani M, Esposito M. Vertical ridge augmentation with autogenous bone grafts: resorbable barriers supported by osteosynthesis plates versus titanium-reinforced barriers. A preliminary report of a blinded, randomized controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007 Jun;22(3):373–82.
15. Merli M, Moscatelli M, Mariotti G, Rotundo R, Bernardelli F, Nieri M. Bone level variation after vertical ridge augmentation: resorbable barriers versus titanium-reinforced barriers. A 6-year double-blind randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014 Aug;29(4):905–13.
16. Llambés F, Silvestre F-J, Caffesse R. Vertical guided bone regeneration with bioabsorbable barriers. *J Periodontol*. 2007 Oct;78(10):2036–42.
17. Fontana F, Maschera E, Rocchietta I, Simion M. Clinical classification of complications in guided bone regeneration procedures by means of a nonresorbable membrane. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2011 Jun;31(3):265–73.
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 Feb;18(1):19–29.
19. Fontana F, Santoro F, Maiorana C, Iezzi G, Piattelli A, Simion M. Clinical and histologic evaluation of allogeneic bone matrix versus autogenous bone chips associated with titanium-reinforced e-PTFE membrane for vertical ridge augmentation: a prospective pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2008 Dec;23(6):1003–12.
20. Simion M, Fontana F, Rasperini G, Maiorana C. Vertical ridge augmentation by expanded-polytetrafluoroethylene membrane and a combination of intraoral autogenous bone graft and deproteinized anorganic bovine bone (Bio Oss). *Clin Oral Implants Res*. 2007 Oct;18(5):620–9.
21. Anitua E, Alkhraisat MH, Orive G. Novel technique for the treatment of the severely atrophied posterior mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013 Oct;28(5):1338–46.
22. Toffler M. Guided bone regeneration (GBR) using cortical bone pins in combination with leukocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF). *Compend Contin Educ Dent* Jamesburg NJ 1995. 2014 Mar;35(3):192–8.

23. Guze KA, Arguello E, Kim D, Nevins M, Karimbux NY. Growth factor-mediated vertical mandibular ridge augmentation: a case report. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2013 Oct;33(5):611–7.
24. Ho DK-T, Fu MM-J, Kim DM. Vertical Ridge Augmentation of Atrophic Posterior Mandible Using Platelet-Derived Growth Factor: Two Case Reports. *J Oral Implantol.* 2015 Oct;41(5):605–9.
25. Misch CM, Jensen OT, Pikos MA, Malmquist JP. Vertical bone augmentation using recombinant bone morphogenetic protein, mineralized bone allograft, and titanium mesh: a retrospective cone beam computed tomography study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015 Feb;30(1):202–7.
26. Carini F, Longoni S, Amosso E, Paleari J, Carini S, Porcaro G. Bone augmentation with TiMesh. autologous bone versus autologous bone and bone substitutes. A systematic review. *Ann Stomatol (Roma).* 2014 Dec;5(Suppl 2 to No 2):27–36.
27. Tinti C, Parma-Benfenati S. Vertical ridge augmentation: surgical protocol and retrospective evaluation of 48 consecutively inserted implants. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1998 Oct;18(5):434–43.
28. Canullo L, Malagnino VA. Vertical ridge augmentation around implants by e-PTFE titanium-reinforced membrane and bovine bone matrix: a 24- to 54-month study of 10 consecutive cases. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2008 Oct;23(5):858–66.
29. Urban IA, Lozada JL, Jovanovic SA, Nagursky H, Nagy K. Vertical ridge augmentation with titanium-reinforced, dense-PTFE membranes and a combination of particulated autogenous bone and anorganic bovine bone-derived mineral: a prospective case series in 19 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014 Feb;29(1):185–93.
30. Corinaldesi G, Pieri F, Sapigni L, Marchetti C. Evaluation of survival and success rates of dental implants placed at the time of or after alveolar ridge augmentation with an autogenous mandibular bone graft and titanium mesh: a 3- to 8-year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009 Dec;24(6):1119–28.
31. Langer B, Langer L, Sullivan RM. Vertical ridge augmentation procedure using guided bone regeneration, demineralized freeze-dried bone allograft, and miniscrews: 4- to 13-year observations on loaded implants. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2010 Jun;30(3):227–35.
32. Le B, Rohrer MD, Prasad HS, Prasad HS. Screw “tent-pole” grafting technique for reconstruction of large vertical alveolar ridge defects using human mineralized allograft for implant site preparation. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2010 Feb;68(2):428–35.
33. Simion M, Jovanovic SA, Trisi P, Scarano A, Piattelli A. Vertical ridge augmentation around dental implants using a membrane technique and autogenous bone or allografts in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1998 Feb;18(1):8–23.

34. Tinti C, Parma-Benfenati S, Polizzi G. Vertical ridge augmentation: what is the limit? *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1996 Jun;16(3):220–9.
35. Cornelini R, Cangini F, Covani U, Andreana S. Simultaneous implant placement and vertical ridge augmentation with a titanium-reinforced membrane: a case report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000 Dec;15(6):883–8.
36. Canullo L, Trisi P, Simion M. Vertical ridge augmentation around implants using e-PTFE titanium-reinforced membrane and deproteinized bovine bone mineral (bio-oss): A case report. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2006 Aug;26(4):355–61.
37. Simion M, Jovanovic SA, Tinti C, Benfenati SP. Long-term evaluation of osseointegrated implants inserted at the time or after vertical ridge augmentation. A retrospective study on 123 implants with 1-5 year follow-up. *Clin Oral Implants Res.* 2001 Feb;12(1):35–45.
38. Urban IA, Jovanovic SA, Lozada JL. Vertical ridge augmentation using guided bone regeneration (GBR) in three clinical scenarios prior to implant placement: a retrospective study of 35 patients 12 to 72 months after loading. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009 Jun;24(3):502–10.
39. Chiapasco M, Consolo U, Bianchi A, Ronchi P. Alveolar distraction osteogenesis for the correction of vertically deficient edentulous ridges: a multicenter prospective study on humans. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004 Jun;19(3):399–407.
40. Chiapasco M, Romeo E, Casentini P, Rimondini L. Alveolar distraction osteogenesis vs. vertical guided bone regeneration for the correction of vertically deficient edentulous ridges: a 1-3-year prospective study on humans. *Clin Oral Implants Res.* 2004 Feb;15(1):82–95.
41. Verardi S, Simion M. Management of the exposure of e-PTFE membranes in guided bone regeneration. *Pract Proced Aesthetic Dent PPAD.* 2007 Mar;19(2):111–7.
42. Annibali S, Bignozzi I, Sammartino G, La Monaca G, Cristalli MP. Horizontal and vertical ridge augmentation in localized alveolar deficient sites: a retrospective case series. *Implant Dent.* 2012 Jun;21(3):175–85.
43. Simion M, Fontana F, Rasperini G, Maiorana C. Vertical ridge augmentation by expanded-polytetrafluoroethylene membrane and a combination of intraoral autogenous bone graft and deproteinized anorganic bovine bone (Bio Oss). *Clin Oral Implants Res.* 2007 Oct;18(5):620–9.
44. Pieri F, Corinaldesi G, Fini M, Aldini NN, Giardino R, Marchetti C. Alveolar ridge augmentation with titanium mesh and a combination of autogenous bone and anorganic bovine bone: a 2-year prospective study. *J Periodontol.* 2008 Nov;79(11):2093–103.
45. Proussaefs P, Lozada J, Kleinman A, Rohrer MD. The use of ramus autogenous block grafts for vertical alveolar ridge augmentation and implant placement: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002 Apr;17(2):238–48.

46. Cordaro L, Amadé DS, Cordaro M. Clinical results of alveolar ridge augmentation with mandibular block bone grafts in partially edentulous patients prior to implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2002 Feb;13(1):103–11.
47. Proussaefs P, Lozada J. The use of intraorally harvested autogenous block grafts for vertical alveolar ridge augmentation: a human study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2005 Aug;25(4):351–63.
48. Rocuzzo M, Ramieri G, Spada MC, Bianchi SD, Berrone S. Vertical alveolar ridge augmentation by means of a titanium mesh and autogenous bone grafts. *Clin Oral Implants Res.* 2004 Feb;15(1):73–81.
49. Simion M, Rocchietta I, Dellavia C. Three-dimensional ridge augmentation with xenograft and recombinant human platelet-derived growth factor-BB in humans: report of two cases. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2007 Apr;27(2):109–15.
50. Figliuzzi M, Mangano FG, Fortunato L, De Fazio R, Macchi A, Iezzi G, et al. Vertical ridge augmentation of the atrophic posterior mandible with custom-made, computer-aided design/computer-aided manufacturing porous hydroxyapatite scaffolds. *J Craniofac Surg.* 2013 May;24(3):856–9.
51. 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 Nov;44(11):1416–22.
52. Pikos MA. Block autografts for localized ridge augmentation: Part II. The posterior mandible. *Implant Dent.* 2000;9(1):67–75.
53. Pikos MA. Mandibular block autografts for alveolar ridge augmentation. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2005 Sep;13(2):91–107.
54. Peñarrocha MA, Vina JA, Maestre L, Peñarrocha-Oltra D. Bilateral vertical ridge augmentation with block grafts and guided bone regeneration in the posterior mandible: a case report. *J Oral Implantol.* 2012 Sep;38 Spec No:533–7.
55. Rocuzzo M, Ramieri G, Bunino M, Berrone S. Autogenous bone graft alone or associated with titanium mesh for vertical alveolar ridge augmentation: a controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2007 Jun;18(3):286–94.
56. Khoury F, Ponte A, Happe A. The 3D reconstruction of the alveolar crest with mandibular bone block graft: A clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19:766
57. Pierrefeu A, Sauvigné T, Cresseaux P, Jeanniot P-Y, Breton P. [Pre-implantation bone graft coffering technique for posterior mandibular edentulism: between onlay grafting and regeneration]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2012 Sep;113(4):322–6.
58. Tulasne J-F, Guiol J, Jeblaoui Y. [Pre-implant posterior mandibular reconstruction]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2012 Sep;113(4):307–21.

59. De Stavola L, Tunkel J. Results of vertical bone augmentation with autogenous bone block grafts and the tunnel technique: a clinical prospective study of 10 consecutively treated patients. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2013 Oct;33(5):651–9.
60. de Carvalho PS, Vasconcellos LW, Pi J. Influence of bed preparation on the incorporation of autogenous bone grafts: a study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000 Aug;15(4):565–70.
61. Chiapasco M, Zaniboni M. Failures in jaw reconstructive surgery with autogenous onlay bone grafts for pre-implant purposes: incidence, prevention and management of complications. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am.* 2011 Feb;23(1):1–15, v.
62. Lin KY, Bartlett SP, Yaremchuk MJ, Fallon M, Grossman RF, Whitaker LA. The effect of rigid fixation on the survival of onlay bone grafts: an experimental study. *Plast Reconstr Surg.* 1990 Sep;86(3):449–56.
63. Bahat O, Fontanesi FV. Complications of grafting in the atrophic edentulous or partially edentulous jaw. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2001 Oct;21(5):487–95.
64. von Arx T, Buser D. Horizontal ridge augmentation using autogenous block grafts and the guided bone regeneration technique with collagen membranes: a clinical study with 42 patients. *Clin Oral Implants Res.* 2006 Aug;17(4):359–66.
65. Antoun H, Sitbon JM, Martinez H, Missika P. A prospective randomized study comparing two techniques of bone augmentation: onlay graft alone or associated with a membrane. *Clin Oral Implants Res.* 2001 Dec;12(6):632–9.
66. Maiorana C, Beretta M, Salina S, Santoro F. Reduction of autogenous bone graft resorption by means of bio-oss coverage: a prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2005 Feb;25(1):19–25.
67. Felice P, Pistilli R, Lizio G, Pellegrino G, Nisii A, Marchetti C. Inlay versus onlay iliac bone grafting in atrophic posterior mandible: a prospective controlled clinical trial for the comparison of two techniques. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2009 Oct;11 Suppl 1:e69-82.
68. Chiapasco M, Zaniboni M, Rimondini L. Autogenous onlay bone grafts vs. alveolar distraction osteogenesis for the correction of vertically deficient edentulous ridges: a 2-4-year prospective study on humans. *Clin Oral Implants Res.* 2007 Aug;18(4):432–40.
69. Elo JA, Herford AS, Boyne PJ. Implant success in distracted bone versus autogenous bone-grafted sites. *J Oral Implantol.* 2009;35(4):181–4.
70. Schettler D. [Sandwich technic with cartilage transplant for raising the alveolar process in the lower jaw]. *Fortschr Kiefer Gesichtschir.* 1976;20:61–3.
71. Egbert M, Stoelinga PJ, Blijdorp PA, de Koomen HA. The “three-piece” osteotomy and interpositional bone graft for augmentation of the atrophic mandible. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 1986 Sep;44(9):680–7.

72. Jensen OT. Alveolar segmental "sandwich" osteotomies for posterior edentulous mandibular sites for dental implants. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2006 Mar;64(3):471–5.
73. Marchetti C, Trasarti S, Corinaldesi G, Felice P. Interpositional bone grafts in the posterior mandibular region: a report on six patients. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2007 Dec;27(6):547–55.
74. Bechara K, Dottore AM, Kawakami PY, Gehrke SA, Coelho PG, Piattelli A, et al. A histological study of non-ceramic hydroxyapatite as a bone graft substitute material in the vertical bone augmentation of the posterior mandible using an interpositional inlay technique: A split mouth evaluation. *Ann Anat Anat Anz Off Organ Anat Ges.* 2015 Nov;202:1–7.
75. Bormann K-H, Suarez-Cunqueiro MM, von See C, Kokemüller H, Schumann P, Gellrich N-C. Sandwich osteotomy for vertical and transversal augmentation of the posterior mandible. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010 Jun;39(6):554–60.
76. Felice P, Iezzi G, Lizio G, Piattelli A, Marchetti C. Reconstruction of atrophied posterior mandible with inlay technique and mandibular ramus block graft for implant prosthetic rehabilitation. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2009 Feb;67(2):372–80.
77. Laino L, Iezzi G, Piattelli A, Lo Muzio L, Cicciù M. Vertical ridge augmentation of the atrophic posterior mandible with sandwich technique: bone block from the chin area versus corticocancellous bone block allograft--clinical and histological prospective randomized controlled study. *BioMed Res Int.* 2014;2014:982104.
78. Bormann K-H, Suarez-Cunqueiro MM, von See C, Tavassol F, Dissmann J-P, Ruecker M, et al. Forty sandwich osteotomies in atrophic mandibles: a retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2011 Jun;69(6):1562–70.
79. Lopez-Cedrun JL. Implant rehabilitation of the edentulous posterior atrophic mandible: the sandwich osteotomy revisited. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011 Feb;26(1):195–202.
80. Felice P, Marchetti C, Iezzi G, Piattelli A, Worthington H, Pellegrino G, et al. Vertical ridge augmentation of the atrophic posterior mandible with interpositional bloc grafts: bone from the iliac crest vs. bovine anorganic bone. Clinical and histological results up to one year after loading from a randomized-controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2009 Dec;20(12):1386–93.
81. Mavriqi L, Baca E, Demiraj A. Sandwich osteotomy of the atrophic posterior mandible prior to implant placement. *Clin Case Rep.* 2015 Jul;3(7):610–4.
82. Block MS, Haggerty CJ. Interpositional osteotomy for posterior mandible ridge augmentation. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2009 Nov;67(11 Suppl):31–9.

83. Laviv A, Jensen OT, Tarazi E, Casap N. Alveolar sandwich osteotomy in resorbed alveolar ridge for dental implants: a 4-year prospective study. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2014 Feb;72(2):292–303.
84. Scarano A, Carinci F, Assenza B, Piattelli M, Murmura G, Piattelli A. Vertical ridge augmentation of atrophic posterior mandible using an inlay technique with a xenograft without miniscrews and miniplates: case series. *Clin Oral Implants Res.* 2011 Oct;22(10):1125–30.
85. Felice P, Piana L, Checchi L, Corvino V, Nannmark U, Piattelli M. Vertical ridge augmentation of an atrophic posterior mandible with an inlay technique and cancellous equine bone block: a case report. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2013 Apr;33(2):159–66.
86. Kawakami PY, Dottore AM, Bechara K, Feres M, Shibli JA. Alveolar osteotomy associated with resorbable non-ceramic hydroxylapatite or intra-oral autogenous bone for height augmentation in posterior mandibular sites: a split-mouth prospective study. *Clin Oral Implants Res.* 2013 Sep;24(9):1060–4.
87. Dottore AM, Kawakami PY, Bechara K, Rodrigues JA, Cassoni A, Figueiredo LC, et al. Stability of implants placed in augmented posterior mandible after alveolar osteotomy using resorbable nonceramic hydroxyapatite or intraoral autogenous bone: 12-month follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014 Jun;16(3):330–6.
88. Felice P, Lizio G, Marchetti C, Checchi L, Scarano A. Magnesium-substituted hydroxyapatite grafting using the vertical inlay technique. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2013 Jun;33(3):355–63.
89. Bianchi A, Felice P, Lizio G, Marchetti C. Alveolar distraction osteogenesis versus inlay bone grafting in posterior mandibular atrophy: a prospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Mar;105(3):282–92.
90. Yeung R. Surgical management of the partially edentulous atrophic mandibular ridge using a modified sandwich osteotomy: a case report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005 Oct;20(5):799–803.
91. Triaca A, Brusco D, Asperio P, Guijarro-Martínez R. New perspectives in the treatment of severe mandibular atrophy: “double sandwich” osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2014 Sep;52(7):664–6.
92. Felice P, Marchetti C, Piattelli A, Pellegrino G, Checchi V, Worthington H, et al. Vertical ridge augmentation of the atrophic posterior mandible with interpositional block grafts: bone from the iliac crest versus bovine anorganic bone. *Eur J Oral Implantol.* 2008;1(3):183–98.
93. Felice P, Barausse C, Pistilli R, Spinato S, Bernardello F. Guided “sandwich” technique: a novel surgical approach for safe osteotomies in the treatment of vertical bone defects in the posterior atrophic mandible: a case report. *Implant Dent.* 2014 Dec;23(6):738–44.

94. Felice P, Pellegrino G, Checchi L, Pistilli R, Esposito M. Vertical augmentation with interpositional blocks of anorganic bovine bone vs. 7-mm-long implants in posterior mandibles: 1-year results of a randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2010 Dec;21(12):1394–403.
95. Felice P, Checchi V, Pistilli R, Scarano A, Pellegrino G, Esposito M. Bone augmentation versus 5-mm dental implants in posterior atrophic jaws. Four-month post-loading results from a randomised controlled clinical trial. *Eur J Oral Implantol.* 2009;2(4):267–81.
96. Esposito M, Pellegrino G, Pistilli R, Felice P. Rehabilitation of posterior atrophic edentulous jaws: prostheses supported by 5 mm short implants or by longer implants in augmented bone? One-year results from a pilot randomised clinical trial. *Eur J Oral Implantol.* 2011;4(1):21–30.
97. Esposito M, Pistilli R, Barausse C, Felice P. Three-year results from a randomised controlled trial comparing prostheses supported by 5-mm long implants or by longer implants in augmented bone in posterior atrophic edentulous jaws. *Eur J Oral Implantol.* 2014;7(4):383–95.
98. Felice P, Cannizzaro G, Checchi V, Marchetti C, Pellegrino G, Censi P, et al. Vertical bone augmentation versus 7-mm-long implants in posterior atrophic mandibles. Results of a randomised controlled clinical trial of up to 4 months after loading. *Eur J Oral Implantol.* 2009;2(1):7–20.
99. Chin M, Toth BA. Distraction osteogenesis in maxillofacial surgery using internal devices: review of five cases. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 1996 Jan;54(1):45–53; discussion 54.
100. Cano J, Campo J, Moreno LA, Bascones A. Osteogenic alveolar distraction: a review of the literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006 Jan;101(1):11–28.
101. McAllister BS, Gaffaney TE. Distraction osteogenesis for vertical bone augmentation prior to oral implant reconstruction. *Periodontol 2000.* 2003;33:54–66.
102. Kunkel M, Wahlmann U, Reichert TE, Wegener J, Wagner W. Reconstruction of mandibular defects following tumor ablation by vertical distraction osteogenesis using intraosseous distraction devices. *Clin Oral Implants Res.* 2005 Feb;16(1):89–97.
103. Gagni A, Schultes G, Kärcher H. Vertical alveolar ridge distraction with prosthetic treatable distractors: a clinical investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000 Oct;15(5):701–10.
104. Uckan S, Oguz Y, Bayram B. Comparison of intraosseous and extraosseous alveolar distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2007 Apr;65(4):671–4.
105. Urbani G. Alveolar distraction before implantation: a report of five cases and a review of the literature. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2001 Dec;21(6):569–79.

106. Chiapasco M, Lang NP, Bosshardt DD. Quality and quantity of bone following alveolar distraction osteogenesis in the human mandible. *Clin Oral Implants Res.* 2006 Aug;17(4):394–402.
107. Schleier P, Wolf C, Siebert H, Shafer D, Freilich M, Berndt A, et al. Treatment options in distraction osteogenesis therapy using a new bidirectional distractor system. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007 Jun;22(3):408–16.
108. Mazzonetto R, Allais de Maurette M. Radiographic evaluation of alveolar distraction osteogenesis: analysis of 60 cases. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2005 Dec;63(12):1708–11.
109. Ergun G, Nagas IC, Yilmaz D, Ozturk M. Prosthetic rehabilitation of edentulous ridges following alveolar distraction osteogenesis: clinical report of three cases. *J Oral Implantol.* 2011 Mar;37 Spec No:183–91.
110. Basa S, Varol A, Yilmaz S. Transport distraction osteogenesis of a dentoalveolar segment in the posterior mandible: a technical note. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2007 Sep;65(9):1862–4.
111. Kanno T, Mitsugi M, Furuki Y, Hosoe M, Akamatsu H, Takenobu T. Overcorrection in vertical alveolar distraction osteogenesis for dental implants. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2007 May;36(5):398–402.
112. Sezer B, Koyuncu BÖ, Günbay T, Sezak M. Alveolar distraction osteogenesis in the human mandible: a clinical and histomorphometric study. *Implant Dent.* 2012 Aug;21(4):317–22.
113. Paranhos A-R, Denhez F, Bolleyn A, Denes L. [Vertical alveolar distraction in the posterior mandible]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2004 Feb;105(1):37–40.
114. Paranhos AR, Denhez F, Bey E, Gouzien G, Cantaloube D. [Vertical alveolar distraction osteogenesis of the posterior edentulous mandible: a case report]. *Ann Chir Plast Esthét.* 2001 Aug;96(4):330–5.
115. Millesi-Schobel GA, Millesi W, Glaser C, Watzinger F, Klug C, Ewers R. The L-shaped osteotomy for vertical callus distraction in the molar region of the mandible: a technical note. *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg.* 2000 Jun;28(3):176–80.
116. Klug CN, Millesi-Schobel GA, Millesi W, Watzinger F, Ewers R. Preprosthetic vertical distraction osteogenesis of the mandible using an L-shaped osteotomy and titanium membranes for guided bone regeneration. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2001 Nov;59(11):1302–1308-1310.
117. Enislidis G, Fock N, Millesi-Schobel G, Klug C, Wittwer G, Yerit K, et al. Analysis of complications following alveolar distraction osteogenesis and implant placement in the partially edentulous mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005 Jul;100(1):25–30.

118. Garcia Garcia A, Somoza Martin M, Gandara Vila P, Lopez Maceiras J. Alveolar ridge osteogenesis using 2 intraosseous distractors: uniform and nonuniform distraction. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2002 Dec;60(12):1510–2.
119. Degidi M, Pieri F, Marchetti C, Piattelli A. Immediate loading of dental implants placed in distracted bone: a case report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004 Jun;19(3):448–54.
120. Polo WCK, de Araujo NS, Lima YBO, Joly JC, Sendyk WR, Cury PR. Peri-implant bone loss around posterior mandible dental implants placed after distraction osteogenesis: preliminary findings. *J Periodontol.* 2007 Feb;78(2):204–8.
121. Wolvius EB, Scholtemeijer M, Weijland M, Hop WCJ, van der Wal KGH. Complications and relapse in alveolar distraction osteogenesis in partially dentulous patients. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2007 Aug;36(8):700–5.
122. Polo WCK, Cury PR, Sendyk WR, Gromatzky A. Posterior mandibular alveolar distraction osteogenesis utilizing an extraosseous distractor: a prospective study. *J Periodontol.* 2005 Sep;76(9):1463–8.
123. Alkan A, Baş B, Inal S. Alveolar distraction osteogenesis of bone graft reconstructed mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005 Sep;100(3):e39-42.
124. Chiapasco M, Brusati R, Galioto S. Distraction osteogenesis of a fibular revascularized flap for improvement of oral implant positioning in a tumor patient: a case report. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2000 Dec;58(12):1434–40.
125. Nocini PF, Wangerin K, Albanese M, Kretschmer W, Cortelazzi R. Vertical distraction of a free vascularized fibula flap in a reconstructed hemimandible: case report. *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg.* 2000 Feb;28(1):20–4.
126. Garcia-Garcia A, Somoza-Martin M, Gandara-Vila P, Saulacic N, Gandara-Rey JM. Alveolar distraction before insertion of dental implants in the posterior mandible. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2003 Dec;41(6):376–9.
127. Robiony M, Zorzan E, Polini F, Sembronio S, Toro C, Politi M. Osteogenesis distraction and platelet-rich plasma: combined use in restoration of severe atrophic mandible. Long-term results. *Clin Oral Implants Res.* 2008 Nov;19(11):1202–10.
128. Zwetyenga N, Vidal N, Ella B, Siberchicot F, Emparanza A. Results of oral implant-supported prostheses after mandibular vertical alveolar ridge distraction: a propos of 54 sites. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012 Dec;114(6):725–32.
129. Garcia AG, Martin MS, Vila PG, Maceiras JL. Minor complications arising in alveolar distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2002 May;60(5):496–501.

130. Saulacić N, Somosa Martín M, de Los Angeles Leon Camacho M, García García A. Complications in alveolar distraction osteogenesis: A clinical investigation. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2007 Feb;65(2):267–74.
131. Walker DA. Mandibular distraction osteogenesis for endosseous dental implants. *J Can Dent Assoc.* 2005 Mar;71(3):171–5.
132. Ettl T, Gerlach T, Schüsselbauer T, Gosau M, Reichert TE, Driemel O. Bone resorption and complications in alveolar distraction osteogenesis. *Clin Oral Investig.* 2010 Oct;14(5):481–9.
133. Milinkovic I, Cordaro L. Are there specific indications for the different alveolar bone augmentation procedures for implant placement? A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014 May;43(5):606–25.
134. Mehra P, Figueroa R. Vector control in alveolar distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2008 Apr;66(4):776–9.
135. Hwang S-J, Jung J-G, Jung J-U, Kyung S-H. Vertical alveolar bone distraction at molar region using lag screw principle. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2004 Jul;62(7):787–94.
136. Riccardi O, Pieri F, Marchetti C. A new method for vector control during alveolar distraction osteogenesis: a case report. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2006 Feb;26(1):53–7.
137. Robiony M, Toro C, Stucki-McCormick SU, Zerman N, Costa F, Politi M. The “FAD” (Floating Alveolar Device): a bidirectional distraction system for distraction osteogenesis of the alveolar process. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2004 Sep;62(9 Suppl 2):136–42.
138. Chiapasco M, Romeo E, Vogel G. Vertical distraction osteogenesis of edentulous ridges for improvement of oral implant positioning: a clinical report of preliminary results. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2001 Feb;16(1):43–51.
139. Saulacic N, Somoza-Martin M, Gándara-Vila P, Garcia-Garcia A. Relapse in alveolar distraction osteogenesis: an indication for overcorrection. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2005 Jul;63(7):978–81.
140. Türker N, Basa S, Vural G. Evaluation of osseous regeneration in alveolar distraction osteogenesis with histological and radiological aspects. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2007 Apr;65(4):608–14.
141. Menchero-Cantalejo E, Barona-Dorado C, Cantero-Álvarez M, Fernández-Cáliz F, Martínez-González J-M. Meta-analysis on the survival of short implants. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2011 Jul;16(4):e546-551.

142. Atieh MA, Zadeh H, Stanford CM, Cooper LF. Survival of short dental implants for treatment of posterior partial edentulism: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012 Dec;27(6):1323–31.
143. Renouard F, Nisand D. Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin Oral Implants Res*. 2006 Oct;17 Suppl 2:35–51.
144. Srinivasan M, Vazquez L, Rieder P, Moraguez O, Bernard J-P, Belser UC. Efficacy and predictability of short dental implants (<8 mm): a critical appraisal of the recent literature. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012 Dec;27(6):1429–37.
145. Felice P, Checchi L, Barausse C, Pistilli R, Sammartino G, Masi I, et al. Posterior jaws rehabilitated with partial prostheses supported by 4.0 x 4.0 mm or by longer implants: One-year post-loading results from a multicenter randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol*. 2016;9(1):35–45.
146. Telleman G, Raghoebar GM, Vissink A, den Hartog L, Huddleston Slater JJR, Meijer HJA. A systematic review of the prognosis of short (<10 mm) dental implants placed in the partially edentulous patient. *J Clin Periodontol*. 2011 Jul;38(7):667–76.
147. Pistilli R, Felice P, Cannizzaro G, Piatelli M, Corvino V, Barausse C, et al. Posterior atrophic jaws rehabilitated with prostheses supported by 6 mm long 4 mm wide implants or by longer implants in augmented bone. One-year post-loading results from a pilot randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol*. 2013;6(4):359–72.
148. Srinivasan M, Vazquez L, Rieder P, Moraguez O, Bernard J-P, Belser UC. Survival rates of short (6 mm) micro-rough surface implants: a review of literature and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2014 May;25(5):539–45.
149. das Neves FD, Fones D, Bernardes SR, do Prado CJ, Neto AJF. Short implants--an analysis of longitudinal studies. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006 Feb;21(1):86–93.
150. Felice P, Cannizzaro G, Barausse C, Pistilli R, Esposito M. Short implants versus longer implants in vertically augmented posterior mandibles: a randomised controlled trial with 5-year after loading follow-up. *Eur J Oral Implantol*. 2014;7(4):359–69.
151. Nisand D, Picard N, Rocchietta I. Short implants compared to implants in vertically augmented bone: a systematic review. *Clin Oral Implants Res*. 2015 Sep;26 Suppl 11:170–9.
152. Slotte C, Grønningaeter A, Halmøy A-M, Öhrnell L-O, Mordenfeld A, Isaksson S, et al. Four-Millimeter-Long Posterior-Mandible Implants: 5-Year Outcomes of a Prospective Multicenter Study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015 Oct;17 Suppl 2:e385-395.
153. Alling CC. Lateral repositioning of inferior alveolar neurovascular bundle. *J Oral Surg Am Dent Assoc* 1965. 1977 May;35(5):419.
154. Jensen O, Nock D. Inferior alveolar nerve repositioning in conjunction with placement of osseointegrated implants: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1987 Mar;63(3):263–8.

155. Nocini PF, De Santis D, Fracasso E, Zanette G. Clinical and electrophysiological assessment of inferior alveolar nerve function after lateral nerve transposition. *Clin Oral Implants Res.* 1999 Apr;10(2):120–30.
156. Hirsch JM, Bränemark PI. Fixture stability and nerve function after transposition and lateralization of the inferior alveolar nerve and fixture installation. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1995 Oct;33(5):276–81.
157. Kan JY, Lozada JL, Goodacre CJ, Davis WH, Hanisch O. Endosseous implant placement in conjunction with inferior alveolar nerve transposition: an evaluation of neurosensory disturbance. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1997 Aug;12(4):463–71.
158. Chossegros C, Cheynet F, Aldegheri A, Blanc JL. [Complete lateralization of the inferior alveolar nerve. A preliminary study, apropos of a case]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 1995;96(3):171–4.
159. Rosenquist B. Fixture placement posterior to the mental foramen with transpositioning of the inferior alveolar nerve. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1992;7(1):45–50.
160. Morrison A, Chiarot M, Kirby S. Mental nerve function after inferior alveolar nerve transposition for placement of dental implants. *J Can Dent Assoc.* 2002 Jan;68(1):46–50.
161. Tao W, Borghgraef K, Wiss A, Ferri J. [Lateral repositioning of the inferior alveolar nerve before dental implant surgery: a simplified technique]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2008 Sep;109(4):237–40.
162. Rosenquist BE. Nerve transpositioning to facilitate implant placement. *Dent Econ - Oral Hyg.* 1995 Oct;85(10):92–3.
163. Friberg B, Ivanoff CJ, Lekholm U. Inferior alveolar nerve transposition in combination with Bränemark implant treatment. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1992;12(6):440–9.
164. Peleg M, Mazor Z, Chaushu G, Garg AK. Lateralization of the inferior alveolar nerve with simultaneous implant placement: a modified technique. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002 Feb;17(1):101–6.
165. Sethi A. Inferior alveolar nerve repositioning in implant dentistry: a preliminary report. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1995 Oct;15(5):474–81.
166. Vasconcelos J de A, Avila GB, Ribeiro JC, Dias SC, Pereira LJ. Inferior alveolar nerve transposition with involvement of the mental foramen for implant placement. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2008 Nov;13(11):E722–725.
167. Bovi M. Mobilization of the inferior alveolar nerve with simultaneous implant insertion: a new technique. Case report. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2005 Aug;25(4):375–83.

168. Chrcanovic BR, Custódio ALN. Inferior alveolar nerve lateral transposition. *Oral Maxillofac Surg*. 2009 Dec;13(4):213–9.
169. Smiler DG. Repositioning the inferior alveolar nerve for placement of endosseous implants: technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1993;8(2):145–50.
170. Jensen J, Reiche-Fischel O, Sindet-Pedersen S. Nerve transposition and implant placement in the atrophic posterior mandibular alveolar ridge. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. 1994 Jul;52(7):662-668-670.
171. Rosenquist B. Implant Placement in Combination With Nerve Transpositioning: Experiences With the First 100 Cases. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1994;9: 522-551.
172. Proussaefs P. Vertical alveolar ridge augmentation prior to inferior alveolar nerve repositioning: a patient report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005 Apr;20(2):296–301.
173. Felice P, Corinaldesi G, Lizio G, Piattelli A, Iezzi G, Marchetti C. Implant prosthetic rehabilitation of posterior mandible after tumor ablation with inferior alveolar nerve mobilization and inlay bone grafting: a case report. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2009 May;67(5):1104–12.
174. Ferrigno N, Laureti M, Fanali S. Inferior alveolar nerve transposition in conjunction with implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005 Aug;20(4):610–20.
175. Kan JY, Lozada JL, Boyne PJ, Goodacre CJ, Rungcharassaeng K. Mandibular fracture after endosseous implant placement in conjunction with inferior alveolar nerve transposition: a patient treatment report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1997 Oct;12(5):655–9.
176. Karlis V, Bae RD, Glickman RS. Mandibular fracture as a complication of inferior alveolar nerve transposition and placement of endosseous implants: a case report. *Implant Dent*. 2003;12(3):211–6.
177. Khojasteh A, Morad G, Behnia H. Clinical importance of recipient site characteristics for vertical ridge augmentation: A systematic review of literature and proposal of a classification. *J Oral Implantol*. 2012 Nov;39(3):386-98
178. Papageorgiou SN, Papageorgiou PN, Deschner J, Götz W. Comparative effectiveness of natural and synthetic bone grafts in oral and maxillofacial surgery prior to insertion of dental implants: Systematic review and network meta-analysis of parallel and cluster randomized controlled trials. *J Dent*. 2016 May;48:1–8.
179. 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.
180. Rocchietta I, Fontana F, Simion M. Clinical outcomes of vertical bone augmentation to enable dental implant placement: a systematic review. *J Clin Periodontol*. 2008 Sep;35(8 Suppl):203–15.

181. Tonetti MS, Hämmeterle CHF, European Workshop on Periodontology Group C. Advances in bone augmentation to enable dental implant placement: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol.* 2008 Sep;35(8 Suppl):168–72.
182. Ogata Y, Griffin TJ, Ko AC, Hur Y. Comparison of double-flap incision to periosteal releasing incision for flap advancement: a prospective clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013 Apr;28(2):597–604.
183. Zeiter DJ, Ries WL, Weir TL, Mishkin DJ, Sanders JJ. The use of a soft tissue expander in an alveolar bone ridge augmentation for implant placement. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1998 Aug;18(4):403–9.
184. Dhadse PV, Yeltiwar RK, Bhongade ML, Pendor SD. Soft tissue expansion before vertical ridge augmentation: Inflatable silicone balloons or self-filling osmotic tissue expanders? *J Indian Soc Periodontol.* 2014 Jul;18(4):433–40.
185. Kaner D, Friedmann A. Soft tissue expansion with self-filling osmotic tissue expanders before vertical ridge augmentation: a proof of principle study. *J Clin Periodontol.* 2011 Jan;38(1):95–101.
186. Pancko F, Dyer J, Weisglass S, Kraut RA. Use of tilted implants in treatment of the atrophic posterior mandible: a preliminary report of a novel approach. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2010 Feb;68(2):407–13.
187. Daróz SR, Cardoso ES, Manso MC, Vidigal GM. Evaluation of bone width lateral to the mandibular canal as an alternative approach for implant installation. *Implant Dent.* 2013 Feb;22(1):97–101.
188. Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants - a Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol.* 2009;2(3):167–84.

COSTA MENDES Leonor – Reconstructions verticales des secteurs mandibulaires postérieurs : étude de la littérature

Résumé :

La réhabilitation implantaire des atrophies verticales dans les secteurs mandibulaires postérieurs est un défi pour le chirurgien. La reconstruction osseuse de ce secteur présente des difficultés particulières liées aux caractéristiques anatomiques du site et à sa faible vascularisation. Diverses techniques d'augmentation osseuse peuvent être employées, notamment la régénération osseuse guidée, les greffes en inlay ou en onlay, ainsi que la distraction alvéolaire. L'objectif de ces reconstructions est de créer un environnement osseux favorable à la pose et à la stabilité des implants, ainsi qu'une situation prothétique optimale en cas d'augmentation de l'espace inter-arcades. Néanmoins, lorsque l'espace prothétique est réduit, des alternatives aux reconstructions osseuses existent : il s'agit de l'utilisation d'implants courts ou de la réalisation d'une latéralisation du nerf alvéolaire inférieur.

Afin de faciliter le choix de la technique de reconstruction à adopter, nous avons procédé à une revue de la littérature sur les différentes techniques d'augmentation osseuse verticale, ainsi que sur leurs alternatives thérapeutiques. Les indications, limites et morbidité de chaque méthode ont été évaluées, ainsi que leurs résultats en termes de gain vertical, taux de résorption, taux de survie et taux de succès implantaire.

Nous en ressortons les avantages et inconvénients des différentes techniques, ainsi que les critères décisionnels à prendre en compte lors du choix thérapeutique.

Mots clés :

Résorption alvéolaire
Mandibule postérieure
Reconstruction osseuse
Implants courts
Survie implantaire
Succès implantaire

Jury : Président : Monsieur le Professeur Jean-Christophe FARGES
Assesseurs : Madame le Docteur Anne-Gaëlle BODARD
 Madame le Docteur Sophie VEYRE
 Monsieur le Docteur Thierry SAUVIGNE
 Monsieur le Docteur Julien GUIOL

Adresse de l'auteur : leonor.c.mendes@gmail.com