



HAL
open science

Gestion des défauts osseux des secteurs postérieurs maxillaires dans le cadre d'une thérapeutique implantaire

Christelle André

► **To cite this version:**

Christelle André. Gestion des défauts osseux des secteurs postérieurs maxillaires dans le cadre d'une thérapeutique implantaire. Chirurgie. 2018. dumas-02045756

HAL Id: dumas-02045756

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02045756>

Submitted on 22 Feb 2019

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Gestion des défauts osseux des secteurs postérieurs maxillaires dans le cadre d'une thérapeutique implantaire

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la
Faculté d'Odontologie de Marseille
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le 21 décembre 2018

par

ANDRÉ Christelle ép. MOSCA
née le 24 avril 1992
à MARSEILLE

Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

EXAMINATEURS DE LA THESE :

Président : Madame la Professeur A. RASKIN

Assesseurs : Monsieur le Docteur P. ROCHE-POGGI

Monsieur le Docteur P. LAURENT

Monsieur le Docteur A. SETTE

Gestion des défauts osseux des secteurs postérieurs maxillaires dans le cadre d'une thérapeutique implantaire

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la
Faculté d'Odontologie de Marseille
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le 21 décembre 2018

par

ANDRÉ Christelle ép. MOSCA
née le 24 avril 1992
à MARSEILLE

Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

EXAMINATEURS DE LA THESE :

Président : Madame la Professeur A. RASKIN

Assesseurs : Monsieur le Docteur P. ROCHE-POGGI

Monsieur le Docteur P. LAURENT

Monsieur le Docteur A. SETTE

ADMINISTRATION

Mise à jour : octobre 2018

DOYENS HONORAIRES	Professeur	R. SANGIUOLO
	Professeur	H. ZATTARA
	Professeur	A. SALVADORI
DOYEN	Professeur	J. DEJOU
VICE – DOYEN CHARGE DES ENSEIGNEMENTS DIRECTEUR DU DEPARTEMENT DE FORMATION INITIALE	Professeur	J.D. ORTHLIEB
VICE – DOYEN CHARGE DE LA RECHERCHE DIRECTEUR DU DEPARTEMENT DE LA RECHERCHE	Professeur	C. TARDIEU
DIRECTEUR DU DEPARTEMENT DE FORMATION CONTINUE	Professeur	V. MONNET-CORTI
CHARGES DE MISSION	Professeur	F. BUKIET
	Professeur	A. RASKIN
RESPONSABLE DES SERVICES ADMINISTRATIFS ET TECHNIQUES	Madame	K. LEONI
PROFESSEUR ÉMERITE	Professeur	O. HUE

LISTE DES ENSEIGNANTS

56^{ème} SECTION :
DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

56.01 ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE ET ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE

<i>Professeur</i>	C. TARDIEU *	<i>Assistant</i>	H. AL AZAWI
<i>Maître de Conférences</i>	D. BANDON	<i>Assistant</i>	V. MAGNAN
<i>Maître de Conférences</i>	I. BLANCHET		
<i>Maître de Conférences</i>	A. CAMOIN		
<i>Maître de Conférences</i>	A. CHAFAIE		

ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

<i>Maître de Conférences</i>	J. BOHAR	<i>Assistant</i>	I. CAMBON
<i>Maître de Conférences</i>	J. GAUBERT	<i>Assistant</i>	L. LEVY
<i>Maître de Conférences</i>	M. LE GALL *	<i>Assistant</i>	R. MATTERA
<i>Maître de Conférences</i>	C. PHILIP-ALLIEZ	<i>Assistant</i>	C. MITTLER
		<i>Assistant</i>	A. PATRIS-CHARRUET

56.02 PRÉVENTION - ÉPIDÉMIOLOGIE - ÉCONOMIE DE LA SANTÉ - ODONTOLOGIE LÉGALE

<i>Professeur</i>	B. FOTI *	<i>Assistant</i>	A. PORTAL
<i>Professeur</i>	D. TARDIVO		

57^{ème} SECTION :
CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

57.01 CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

PARODONTOLOGIE

<i>Professeur</i>	V. MONNET-CORTI *	<i>Assistant</i>	A. BOYER
		<i>Assistant</i>	C. DUMAS
		<i>Assistant</i>	V. MOLL

CHIRURGIE BUCCALE – PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE - ANESTHÉSIOLOGIE – RÉANIMATION

<i>Maître de Conférences</i>	D. BELLONI	<i>Assistant</i>	E. QUINQUE
<i>Maître de Conférences</i>	F. CAMPANA		
<i>Maître de Conférences</i>	J. H. CATHERINE *		
<i>Maître de Conférences</i>	P. ROCHE-POGGI		

BIOLOGIE ORALE

<i>Maître de Conférences</i>	P. LAURENT	<i>Assistant</i>	C. LE FOURNIS
------------------------------	------------	------------------	---------------

65^{ÈME} SECTION : BIOLOGIE CELLULAIRE

<i>Professeur</i>	Imad ABOUT *		
	(Responsable de la Biologie orale)		

* Responsable de la discipline

58^{ème} SECTION :
REHABILITATION ORALE

58.01 RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTION-DYSFONTION, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

<i>Professeur</i>	F. BUKIET *	<i>Assistant</i>	B. BALLESTER
<i>Professeur</i>	H. TASSERY	<i>Assistant</i>	H. DE BELENET
<i>Maître de Conférences</i>	G. ABOUDHARAM	<i>Assistant</i>	A. DEVICTOR
<i>Maître de Conférences</i>	M. GUIVARC'H	<i>Assistant</i>	S. MANSOUR
<i>Maître de Conférences</i>	C. PIGNOLY	<i>Assistant</i>	L. MICHEL-ROLLET
<i>Maître de Conférences</i>	L. POMMEL		
<i>Maître de Conférences</i>	E. TERRER		

PROTHÈSE

<i>Professeur</i>	M. RUQUET *	<i>Assistant</i>	N. CHAUDESAYGUES
<i>Maître de Conférences</i>	G. LABORDE	<i>Assistant</i>	M. DODDS
<i>Maître de Conférences</i>	M. LAURENT	<i>Assistant</i>	A. FERDANI
<i>Maître de Conférences</i>	G. MAILLE	<i>Assistant</i>	C. MENSE
<i>Maître de Conférences</i>	B.E. PRECKEL	<i>Assistant</i>	A. REPETTO
<i>Maître de Conférences</i>	G. STEPHAN	<i>Assistant</i>	A. SETTE
<i>Maître de Conférences</i>	P. TAVITIAN	<i>Assistant</i>	F. SILVESTRI
<i>Maître de Conférences</i>	A. TOSELLO		
<i>Maître de Conférences</i>	R. LAN		
<i>associé</i>			

SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES OCCLUSODONTOLOGIE, BIOMATERIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE

<i>Professeur</i>	J. DEJOU	<i>Assistant</i>	M. JEANY
<i>Professeur</i>	J. D. ORTHLIEB *		
<i>Professeur</i>	A. RASKIN		
<i>Maître de Conférences</i>	T. GIRAUD		
<i>Maître de Conférences</i>	A. GIRAUDEAU		
<i>Maître de Conférences</i>	B. JACQUOT		
<i>Maître de Conférences</i>	J. P. RÉ		

* Responsable de la discipline

Madame la Professeur Anne RASKIN,

Merci d'avoir accepté spontanément de présider ma thèse. Travailler à vos côtés dans le service de l'IGH m'a beaucoup apporté. Votre enthousiasme, votre gentillesse et la confiance que vous accordez à vos étudiants sont tout simplement magnifiques. J'ai passé une très belle année avec vous. Vous m'avez transmis votre motivation. Je suis sincèrement reconnaissante de vous avoir comme Présidente de thèse.

Monsieur le Docteur Philippe ROCHE-POGGI,

C'est un honneur pour moi que vous ayez spontanément accepté de faire partie de mon jury de thèse. Votre enseignement de la chirurgie orale durant mon cursus universitaire m'a beaucoup apporté. La clarté et la simplicité de vos explications, toujours accompagnées d'une note d'humour, m'ont été très précieuses. Votre bienveillance envers vos étudiants m'inspire un profond respect. Je vous remercie de votre présence.

Monsieur le Docteur Patrick LAURENT,

Un grand merci d'avoir accepté la direction de ma thèse. Votre pédagogie, votre simplicité à expliquer les choses compliquées m'ont permis de porter le fruit de notre travail à terme. A chaque étape, vous avez su apporter des remarques pertinentes, des éléments clés pour avancer, me permettant d'améliorer ma compréhension et ma rédaction de manière synthétique. Je vous remercie pour l'ensemble des connaissances que vous m'avez transmises. Vous vous êtes énormément impliqué, vous m'avez accompagnée, encouragée jusqu'au bout, par vos conseils et votre disponibilité. Je vous en suis très reconnaissante.

Monsieur le Docteur Adrien SETTE,

Vous avez tout de suite accepté de faire partie de mon jury de thèse et je vous en suis très reconnaissante. Vous m'avez beaucoup appris durant les vacances d'implantologie à la clinique. C'est avec vous que j'ai réalisé mes premiers pas dans cette discipline, grâce à vos explications claires, votre pédagogie et votre passion pour le métier. Toujours motivé et bienveillant, bien plus qu'un professeur, vous êtes un ami avec qui j'apprécie de discuter, d'échanger et d'écouter les conseils. Merci de votre présence.

GESTION DES DEFAUTS OSSEUX DES SECTEURS POSTERIEURS MAXILLAIRES DANS LE CADRE D'UNE THERAPEUTIQUE IMPLANTAIRE

INTRODUCTION	1
1^{ERE} PARTIE – CARACTERISATION DES DEFAUTS OSSEUX DU SECTEUR POSTERIEUR MAXILLAIRE	2
I. CARACTERISTIQUES DU SECTEUR POSTERIEUR MAXILLAIRE.....	2
1. <i>Localisation et rapports anatomiques</i>	2
2. <i>Les risques anatomiques</i>	4
II. ANALYSE OSSEUSE	5
1. <i>Moyens d'analyse</i>	5
2. <i>Classifications utilisées</i>	6
III. CARACTERISTIQUES DES DEFAUTS OSSEUX	7
1. <i>Direction</i>	7
2. <i>Localisation</i>	8
IV. ETIOLOGIES DES DEFAUTS OSSEUX.....	10
1. <i>Principales étiologies</i>	10
2. <i>Résorption post-extractionnelle</i>	11
V. CONCLUSION.....	13
2EME PARTIE – DIFFERENTES STRATEGIES THERAPEUTIQUES.....	14
I. GENERALITES	14
1. <i>Présentation</i>	14
2. <i>Fondements biologiques de la cicatrisation osseuse</i>	15
3. <i>Différents moyens de régénération osseuse</i>	16
4. <i>Principes fondamentaux</i>	17
II. TECHNIQUES DE REGENERATION OSSEUSE	18
1. <i>Blocs osseux</i>	18
2. <i>Régénération osseuse guidée (ROG)</i>	21
3. <i>Distraction alvéolaire</i>	24
4. <i>Expansion crestale transversale</i>	27
5. <i>Comblement sinusien ou Sinus lift</i>	30
III. IMPLANTS COURTS, IMPLANTS ETROITS.....	34
1. <i>Présentation</i>	34
2. <i>Indications</i>	35
3. <i>Avantages / Inconvénients</i>	35
4. <i>Succès / Morbidité</i>	36
5. <i>Complications</i>	36
IV. CONCLUSION.....	37
3^{EME} PARTIE – SYNTHESE	38
I. PRESENTATION	38
II. ÉTUDES RECENTES SUR LE CHOIX DES STRATEGIES THERAPEUTIQUES.....	39
III. TABLEAU DE SYNTHESE	40
IV. ORGANIGRAMME DECISIONNEL.....	41
V. CONCLUSION.....	42
BIBLIOGRAPHIE.....	I

INTRODUCTION

Apparue en 1985 avec les travaux du professeur Brånemarck en Suède, la mise en place d'implants endo-osseux, support de prothèse complète chez le patient édenté, est reconnue comme une procédure prédictible en présence de volume osseux suffisant et d'une bonne densité osseuse ¹. Par définition, les implants sont des dispositifs destinés à créer, au niveau du maxillaire ou de la mandibule, des ancrages stables, résistants, efficaces, non iatrogènes, durables, sur lesquels s'adapte une prothèse amovible ou fixée en vue de redonner au patient, partiellement ou complètement édenté, une fonction adéquate, un confort satisfaisant et une esthétique compatible avec toute fonction sociale ¹.

Un volume osseux inadéquat en secteur postérieur, combiné à une faible densité osseuse, est une restriction fréquente pour la pose d'implants. La perte osseuse influe sur le choix le plus approprié de réhabilitation de patients édentés et constitue un véritable challenge, du fait de la proximité sinusienne, pour une survie à long terme ². Elle est aggravée si la perte de l'organe dentaire est ancienne ³. L'utilisation de prothèses amovibles pour les édentements postérieurs est considérée comme un traitement alternatif. Il a été démontré qu'elles provoquent des troubles de la mastication et peuvent compromettre le pronostic des dents adjacentes, comparativement aux restaurations supportées par des implants ^{4,5} et le développement de nouveaux matériaux ^{6,7,8}. Le taux de survie implantaire est augmenté de manière significative si le site a été préalablement aménagé avec des substituts osseux ^{9,10,11}.

Le traitement des pertes de substance des maxillaires est complexe du fait des particularités anatomiques de l'étage moyen de la face, de la variabilité des lésions constatées, des différentes étiologies à l'origine de la perte de substance, du large éventail des techniques chirurgicales proposées, des imprécisions concernant le bénéfice fonctionnel réel des diverses procédures. Ce qui explique qu'actuellement aucun consensus n'ait été défini. Il est nécessaire que le praticien acquière une connaissance à travers divers travaux et publications pour essayer d'en dégager quelques idées directrices, étayées éventuellement par une expérience personnelle ¹².

Le chirurgien-dentiste doit fonder sa décision clinique selon le bilan préopératoire, les articles scientifiques de bon niveau de preuve, l'expérience clinique, les motivations du patient, et ce, toujours dans le souci de répondre aux données acquises de la science ¹³. Ainsi la technique la plus efficace reste encore difficile à désigner, notamment du fait de l'insuffisance des évaluations proposées, le plus souvent effectuées sur un nombre limité de patients avec un suivi à court terme pouvant aboutir à des conclusions partielles.

L'objectif de notre revue de littérature est de s'intéresser plus particulièrement aux édentements du secteur maxillaire postérieur et à l'ensemble des techniques permettant la réhabilitation de défauts osseux.

Au vu des données actuelles scientifiques, pouvons-nous établir un organigramme décisionnel afin de guider le choix thérapeutique pour les cas cliniques les plus fréquents ?

1^{ère} PARTIE – Caractérisation des défauts osseux du secteur postérieur maxillaire

I. Caractéristiques du secteur postérieur maxillaire

1. Localisation et rapports anatomiques

a. La région postérieure maxillaire

La région postérieure maxillaire est délimitée en avant par le jugum canin et en arrière par la tubérosité maxillaire, en haut par le plancher du sinus maxillaire, qui a une épaisseur moyenne de 3-4 mm, et en bas par les rebords des procès alvéolaires. Elle comprend les prémolaires et molaires dont les apex sont en rapport avec la paroi inférieure du sinus maxillaire ou plancher sinusien et peuvent émerger dans la cavité sinusienne ¹⁴.

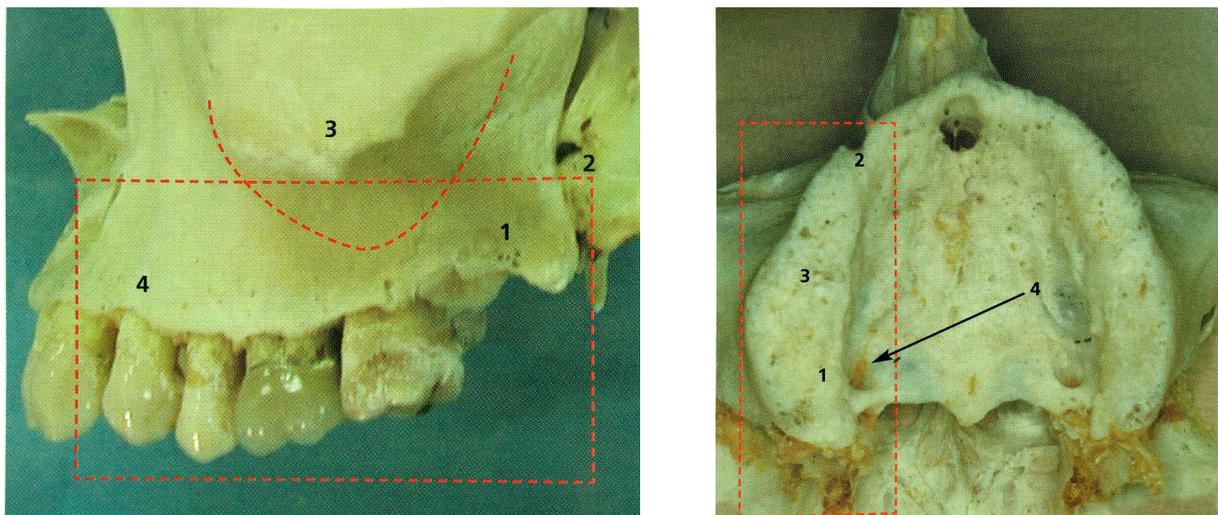


Figure 1 : Os maxillaire en vue latérale et inférieure ¹⁵

A gauche : 1 : tubérosité du maxillaire ; 2 : processus ptérygoïde du sphénoïde ; 3 : projection du sinus maxillaire ; 4 : jugum alvéolaire de la canine.

A droite : 1 : tubérosité du maxillaire, 2 : canine ; 3 : procès alvéolaire ; 4 : foramen grand palatin

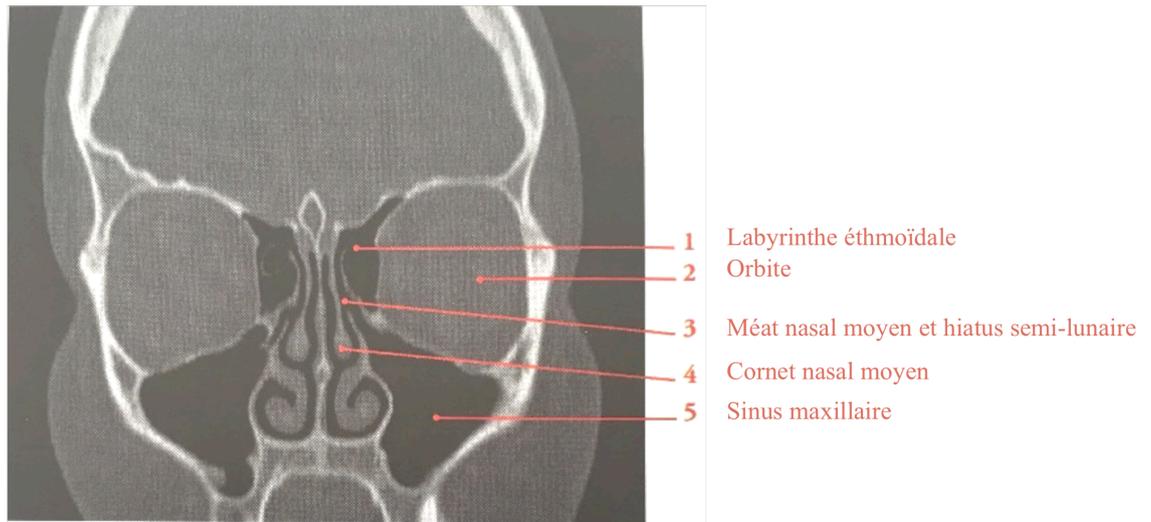
La région prémolo-molaire est conditionnée par la présence du sinus maxillaire et le volume de la crête alvéolaire, lui-même lié à la présence des racines dentaires. Le volume du sinus maxillaire est affecté par l'avulsion de dents postérieures, notamment si l'avulsion est multiple, si les apex se trouvent dans le sinus, et cette différence de volume est plus importante si l'avulsion concerne la deuxième molaire ¹⁵. Cet accroissement sinusien peut se prolonger jusqu'aux procès alvéolaires en les altérant complètement et en laissant ainsi une fine lamelle osseuse résiduelle entre les sinus et la cavité orale : on parle alors de procidence sinusienne ¹⁶. Actuellement, l'explication de ce processus de pneumatisation post-extractionnel est imprécise. La respiration nasale influe sur la croissance du maxillaire et le développement des fosses nasales ¹⁷, mais l'interaction entre fosses nasales et sinus reste peu claire ^{18,19}. De plus, le sinus maxillaire termine sa croissance avec l'éruption complète des dents de sagesse ²⁰.

Quels processus peuvent expliquer la pneumatisation sinusienne post-extractionnelle ?

Les variations barométriques des fosses nasales transmises au sinus lors de la respiration nasale ? La perte des facteurs cellulaires d'ostéogénèse produits par l'organe dentaire ?

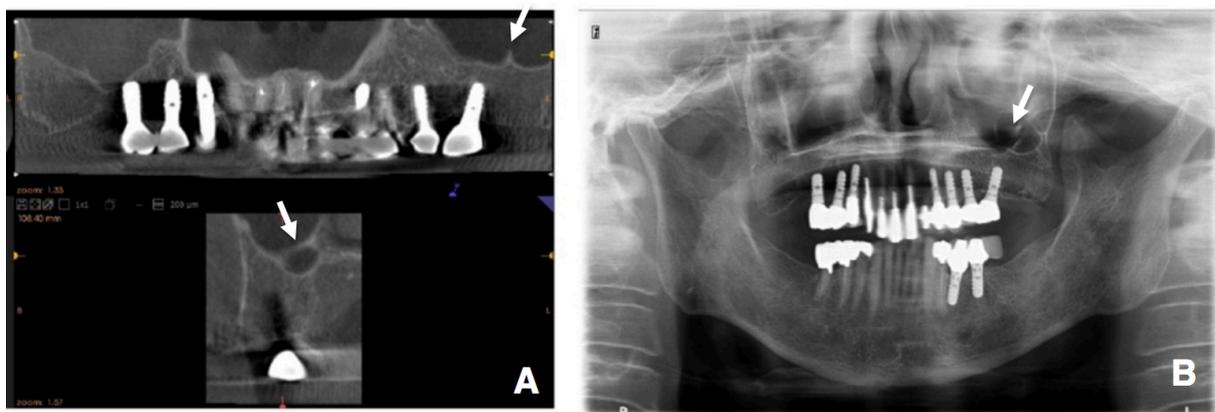
Actuellement, aucun article ne semble éclaircir ce processus.

b. Les sinus maxillaires



*Figure 2 : Coupe tomodensitométrique coronale de la face*²¹

Les sinus maxillaires sont des structures complexes et très variables qui peuvent présenter une asymétrie, une hauteur inégale du plancher sinusien et des septa sinusiens. Le sinus forme généralement une seule cavité. Il peut être cloisonné et compartimenté^{22,23,24}. La présence de septa sinusiens ou cloisons de refend (hauteur moyenne de 8-9 mm) est à prendre en compte lors du décollement membranaire en cas de *sinus lift*. Ils se trouvent généralement dans l'axe du processus alvéolaire et des racines dentaires, perpendiculairement à l'axe de crête alvéolaire. La membrane de Schneider, d'une épaisseur moyenne de 2-3 mm, recouvre les parois sinusiennes. Elle présente une activité ostéogénique²⁵, ce qui explique l'importance de sa préservation lors des chirurgies. Un implant peut être posé au contact de la membrane respiratoire tout en respectant son intégrité. La perforation de la membrane peut entraîner une inflammation du sinus, appelée sinusite, voire une obstruction du hiatus semi-lunaire.



*Figure 3 : Coupe coronale et sagittale de cone beam (A) et radiographie panoramique (B) de la planification implantaire en secteur postérieur gauche avec présence de septa >5 mm*²⁶.

c. Muscles, vascularisation et innervation

Si la résorption alvéolaire est importante, l'insertion du muscle buccinateur se retrouvera sur la crête. Il est nécessaire d'être prudent lors de la chirurgie pour éviter sa section, qui provoquerait la chute du corps adipeux de Bichat.

Pour éviter tout risque vasculaire lié à l'artère palatine descendante, dont le réseau vasculaire chemine dans l'épaisseur de la muqueuse palatine, il est préférable de réaliser une incision sur la crête alvéolaire et de décoller en pleine épaisseur. Toute lésion d'une de ses nombreuses branches cède à une simple compression et nécessite rarement un clampage.

L'artère antrale alvéolaire résulte de l'anastomose entre l'artère infra-orbitaire et l'artère alvéolaire postéro-supérieure. Sa position par rapport au rebord crestal est liée au degré de résorption alvéolaire. Son diamètre peut être large (3 mm), sa ligature lors de l'intervention sera alors nécessaire pour prévenir le risque hémorragique et la formation d'un hématome.

Le pédicule grand palatin, qui sort au niveau du foramen grand palatin en arrière des dents de sagesse, doit être visualisé avant toute intervention pour prévenir toute lésion du paquet vasculo-nerveux.

2. Les risques anatomiques

Le risque chirurgical de la région prémolo-molaire est donc très limité, sauf au niveau de sa face palatine à la sortie du pédicule grand palatin.

Osseux	<ul style="list-style-type: none">- Sinus maxillaire- Septa sinusien
Musculaire	<ul style="list-style-type: none">- Muscle buccinateur
Vasculaire	<ul style="list-style-type: none">- Artère palatine descendante- Artères alvéolaires postérieures- Artère antrale alvéolaire
Nerveux	<ul style="list-style-type: none">- Pédicule grand palatin

Tableau 1 : Les risques anatomiques du secteur postérieur maxillaire

II. Analyse osseuse

1. Moyens d'analyse

L'analyse osseuse est basée sur la qualité et la densité osseuses. La qualité osseuse prend en considération : les propriétés mécaniques de l'os, son degré de minéralisation et sa structure minérale, sa vascularisation, et le remodelage osseux. C'est un facteur pronostic déterminant des thérapeutiques chirurgicales à visée implantaire et des traitements implantaires²⁷. En effet, le choix du protocole chirurgical et du matériel implantaire dépend directement de la qualité osseuse et du volume osseux, qui influent sur la stabilité primaire de l'implant²⁸. La densité osseuse dépend du rapport entre les tissus corticaux et les tissus spongieux.

Les examens radiographiques 2D (rétro-alvéolaire, panoramique) et 3D permettent l'analyse osseuse lors de la planification pré-chirurgicale, notamment lors de volumes réduits. Que ce soit la tomodensitométrie (scanner) ou la tomographie volumique à faisceau conique (*cone beam*), l'imagerie 3D est couplée à des logiciels de reconstruction pour confronter les coupes frontales, sagittales et transversales, afin d'analyser les sites anatomiques, les modifications de structures et d'estimer la qualité osseuse^{27,29,30}. L'échelle utilisée est en Unités Hounsfield (UH). Le couple d'insertion de l'implant, les mesures électromécaniques de la stabilité primaire (Periotest®, Osstell®), et le sens tactile du clinicien, complètent l'analyse osseuse pendant et après la chirurgie.

La corrélation étroite entre la qualité et la densité osseuse ($p = 0,002$), ainsi qu'entre la densité osseuse et la localisation anatomique ($p < 0,001$), ont été mises en évidence par Norton et Gamble (2001)²⁹. Ils ont réalisé la tomographie de plusieurs dents antérieures et postérieures du maxillaire qu'ils ont analysée à l'aide du logiciel informatique Simplant™. Ils ont ainsi pu établir une échelle objective de la densité osseuse basée sur l'échelle de Hounsfield, permettant de mesurer la densité à partir de l'imagerie 3D.

Le secteur postérieur maxillaire présente une qualité osseuse de classe 4 (Lekholm et Zarb).

Quality (Lekholm & Zarb)	Bone density range (HU) (Norton & Gamble)	Region of interest
Quality 1	>+850	Anterior mandible
Quality 2/3	+500 to +850	Posterior mandible/anterior maxilla
Quality 4	0 to +500	Posterior maxilla
Quality 4*	<0	Tuberosity region

*Tableau 2 : Corrélation entre qualité, densité et topographie osseuse*²⁹

4* : « zone d'échec » car faible pronostic de l'implant au contact d'os spongieux < 0 UH

2. Classifications utilisées

Deux classifications sélectionnées déterminent le type d'os. La classification de Lekhom et Zarb (1985)³¹ permet d'apprécier la qualité osseuse à partir des radiographies pour planifier la chirurgie. Elle distingue quatre classes d'os en fonction de la proportion d'os cortical et d'os trabéculaire (type 1 à 4). **L'os spongieux maxillaire postérieur présente une trabéculatation moins dense, et plus fine**^{32,33}. **La corticale du plancher sinusien est légèrement moins épaisse et plus poreuse que la corticale alvéolaire**³⁴. La classification de Misch (1990-2008)³⁵ permet d'apprécier la densité osseuse par le sens tactile pendant ou après la chirurgie. Elle distingue quatre types de densité, retrouvées selon la localisation du site chirurgical. **Le secteur postérieur maxillaire est généralement D3 ou D4**, entraînant une stabilité primaire plus difficile à obtenir. D1 et D2 sont caractéristiques de la mandibule. D5 a été rajouté en 1999 ; il caractérise un os très mou à minéralisation incomplète, représentatif du tissu post-extractionnel immature. **La régénération osseuse est généralement plus longue au niveau du maxillaire que de la mandibule, en raison du type d'os retrouvé.**

Indication	Classification Et outils utilisés	Type d'os	
AVANT la chirurgie	<u>Lekhom et Zarb (1985)</u> Radiographie Et description morphologique	- <u>Type 1</u> : Corticale quasi-exclusive, compacte et homogène.	
		- <u>Type 2</u> : Corticale épaisse avec cœur spongieux à trabéculations denses.	
		- <u>Type 3</u> : Corticale fine avec os spongieux à trabéculations denses. Bonne résistance.	
		- <u>Type 4</u> : Corticale très fine avec os spongieux à faibles trabéculations. Résistance faible.	
PENDANT et APRES la chirurgie	<u>Misch (1990, 1993)</u> Perception clinique	- <u>D1</u> = Bois de chêne - <u>D2</u> = Pin - <u>D3</u> = Bois de balsa - <u>D4</u> = Polystyrène	

Tableau 3 : Classifications utilisées lors d'une thérapeutique implantaire

III. Caractéristiques des défauts osseux

1. Direction

Les classifications du type de défaut se basent pour la plupart sur un référentiel osseux, bien qu'on ne puisse envisager les os maxillaires sans tenir compte des tissus mous adjacents. En effet, la gestion des tissus mous doit être prévue lors de toute réhabilitation du maxillaire postérieur. Nous avons choisi la classification de Seibert (1983) ³⁶ pour son intérêt pratique et universel dans la classification des défauts de la crête osseuse. Elle précise la direction de la perte osseuse sans appréciation quantitative :

- Classe I: perte osseuse vestibulo-linguale et hauteur de crête normale (sens horizontal)
- Classe II: perte osseuse corono-apicale et largeur de crête normale (sens vertical)
- Classe III: perte horizontale et verticale

Habituellement utilisée pour le secteur antérieur, nous l'avons adaptée au secteur postérieur selon les schémas ci-dessous.

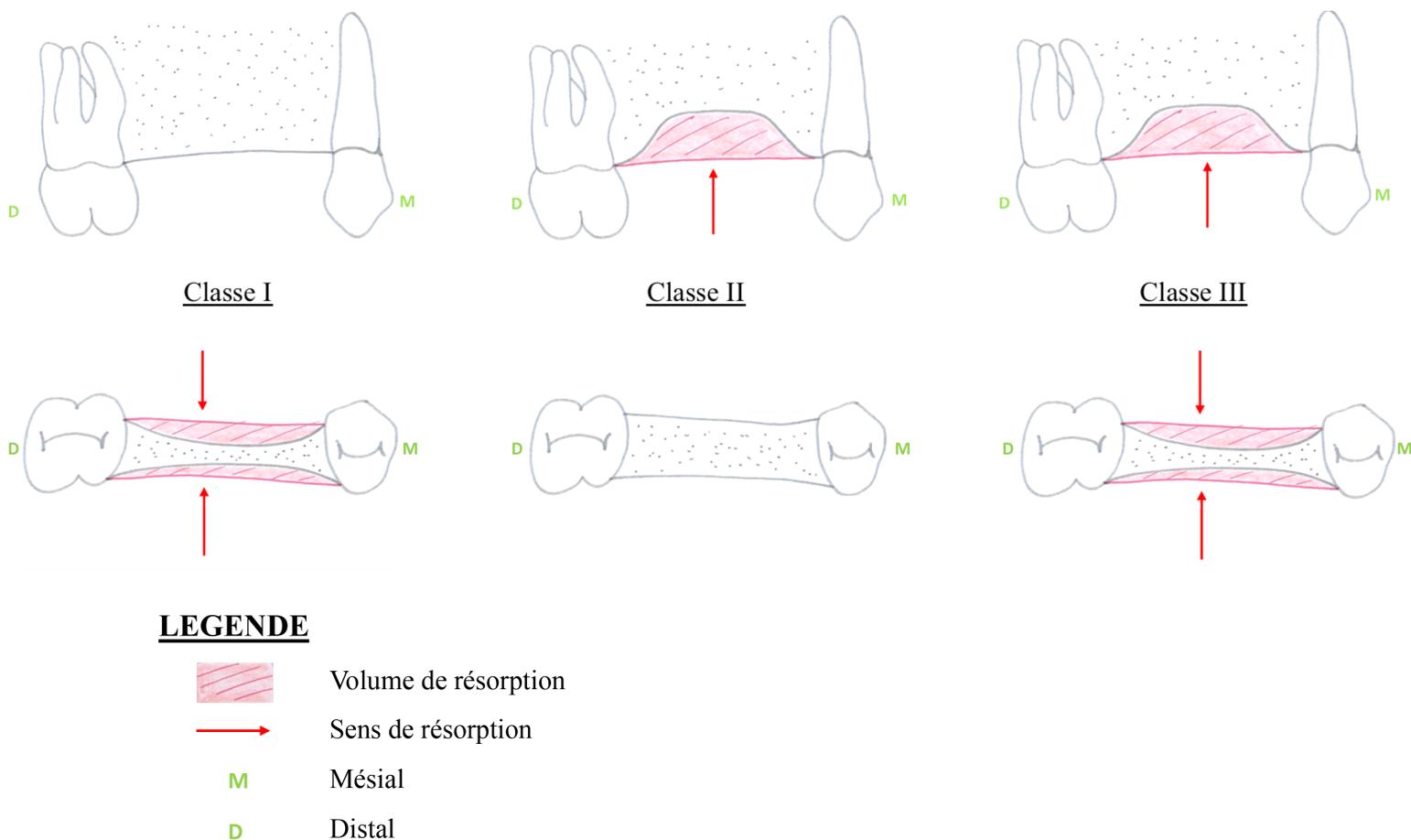


Figure 4 : Adaptation de la classification de Seibert (1983) au secteur postérieur maxillaire

2. Localisation

Dans le cadre de notre travail, nous nous intéresserons uniquement aux édentements de classes I, II ou III de la classification de Kennedy Applegate³⁷, limités aux édentements postérieurs maxillaires. En présence d'édentement intercalaire, la dent postérieure a tendance à se mésioverser. Le défaut osseux est alors angulaire et son pronostic réservé.

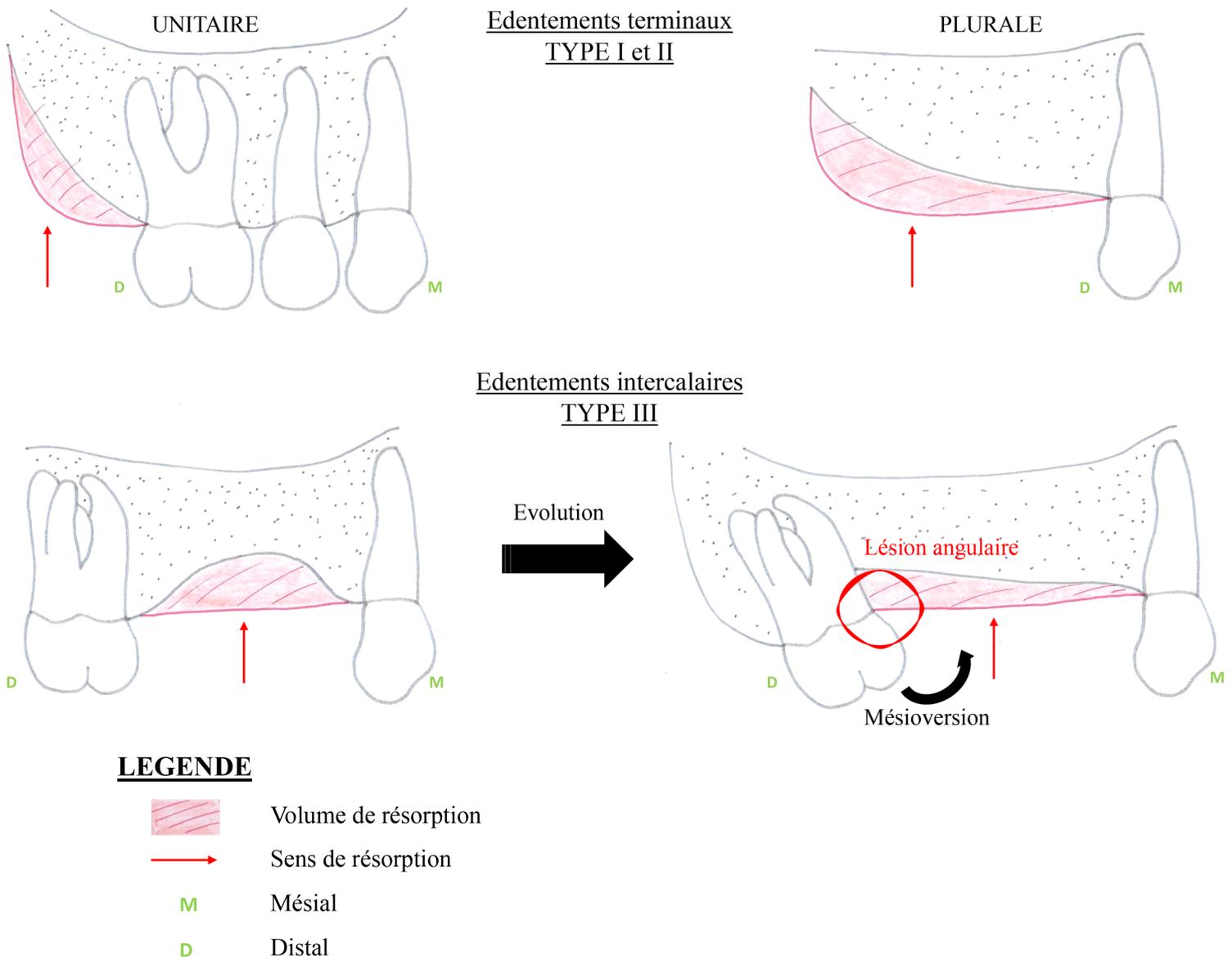
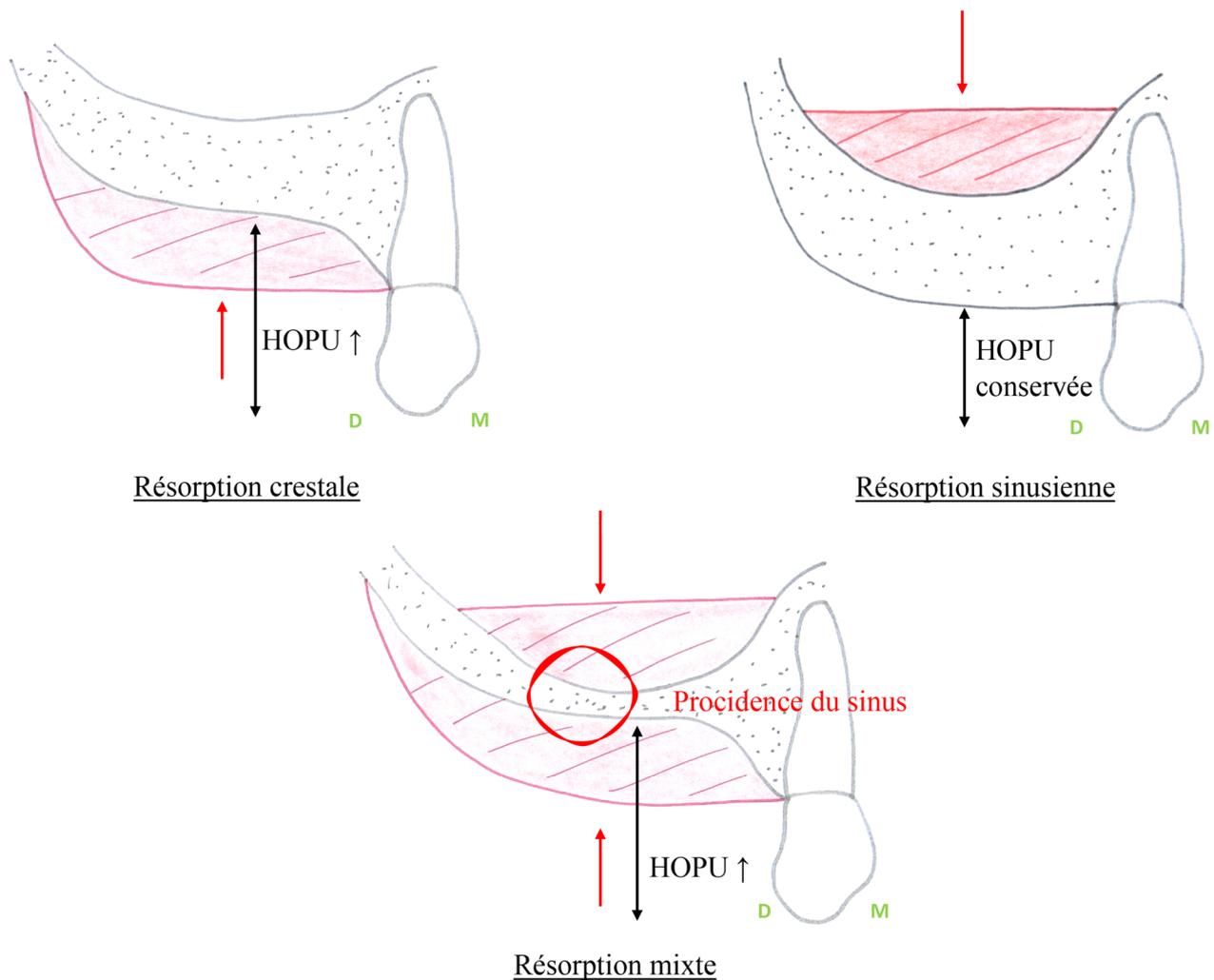


Figure 5 : Relation entre type d'édentement et forme du défaut osseux

La gestion des problèmes parodontaux et prothétiques engendrés par les lésions angulaires est difficile. L'association de procédures chirurgicales et orthodontiques est complexe.

Selon la localisation du défaut osseux (sinusien, crestal, ou mixte), la hauteur occlusale prothétiquement utilisable (HOPU) peut être impactée. **Les défauts sinusiens ont tendance à entraîner une procidence sinusienne. Les défauts crestaux entraînent une augmentation de la HOPU.** Cette notion est importante pour le choix de la réhabilitation prothétique (rétablissement, allongement, raccourcissement de la couronne clinique) et de la chirurgie (comblement partiel sinusien, technique d'augmentation crestale, abord mixte). Ce sont toutes ces questions qu'il faut se poser selon les conditions générales, locales et les motivations du patient.



LEGENDE

-  Volume de résorption
-  Sens de résorption
- M Mésial
- D Distal

Figure 6 : Relation entre résorption osseuse maxillaire postérieure et HOPU

IV. Etiologies des défauts osseux

1. Principales étiologies

L'insuffisance de volume osseux peut avoir deux causes fondamentales : la prédisposition génétique et la présence de facteurs locaux défavorables ^{38,39} :

- La prédisposition génétique : agénésie, microdontie, fente labio-alvéolo-palatine
- Les facteurs locaux défavorables : ils peuvent être d'origines :
 - o Infectieuses : maladie parodontale localisée ou généralisée, origine endodontique (abcès, parodontite apicale aiguë/chronique), pathologie carieuse, infection post-opératoire (mucosite, péri-implantite) ;
 - o Traumatiques : perte de dents (accident), fracture osseuse, communication bucco-sinusienne (CBS) ;
 - o Iatrogènes: avulsion traumatique ;
 - o Anomalies acquises : lésions kystiques, pathologie tumorale, ostéoradionécrose, égression/version des dents, inflammation chronique

Ce sont des facteurs à prendre en compte afin d'éviter une récurrence, notamment dans le cas de maladies infectieuses (dentaires, parodontales).

Les défauts sinusiens et crestaux peuvent se rejoindre et former une CBS, notamment dans le cas de lésions mixtes endo-parodontales. L'évaluation du risque doit se faire en amont de la chirurgie afin de prévoir les techniques nécessaires pour assurer l'étanchéité. Les défauts osseux à trois parois sont les plus favorables pour la régénération osseuse. **Quelle que soit l'origine du défaut, la prise en charge dépend de ses caractéristiques et de son volume de résorption.**

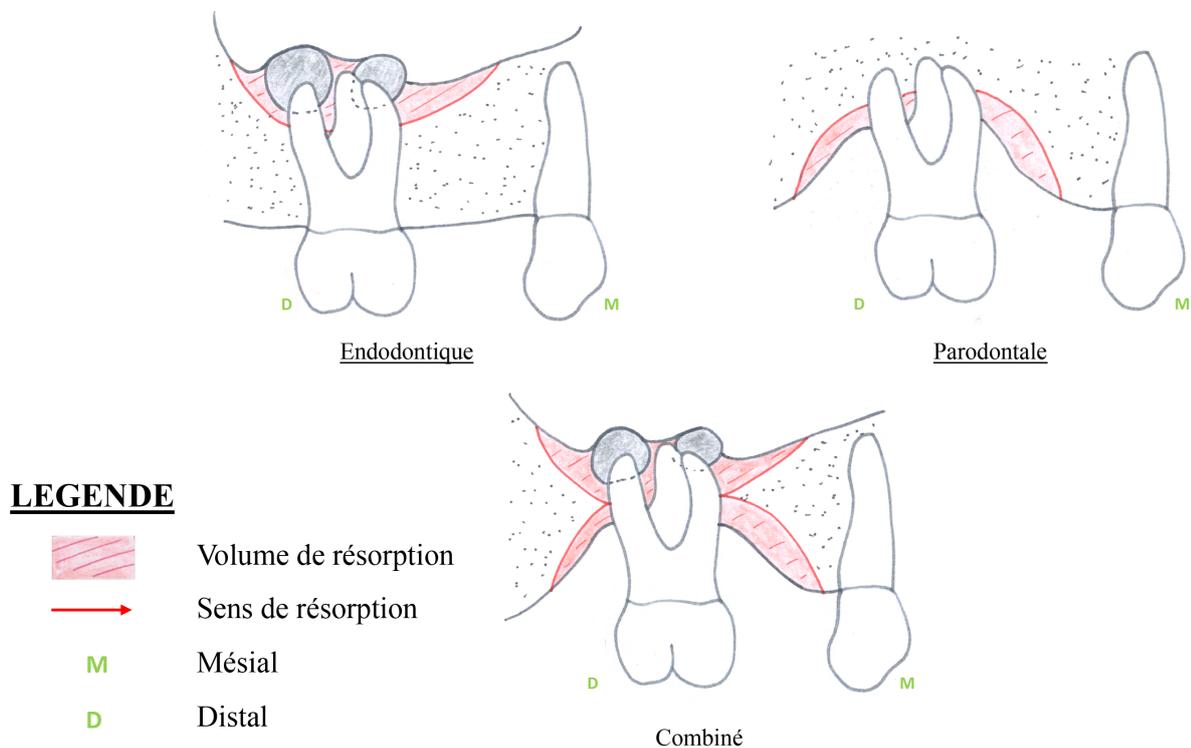


Figure 7 : Origine du défaut osseux

2. Résorption post-extractionnelle

La résorption post-extractionnelle est systématique, progressive et irréversible⁴⁰. Elle est maximale pendant la première année, notamment les trois premiers mois. La résorption se fait de manière centripète au niveau du maxillaire. La perte de l'organe dentaire entraîne rapidement une résorption tridimensionnelle qui affecte la hauteur alvéolaire, le diamètre vestibulo-lingual et le diamètre mésio-distal de l'alvéole. Ces transformations sont majorées lors d'extractions traumatiques^{41,42}. La perte de corticale externe entraîne un manque de stabilité tridimensionnelle. La lésion du périoste entraîne la perte du signal local spécifique d'ostéogénèse. Le processus de résorption est variable selon les conditions générales de l'individu : âge, état de santé, facteurs systémiques et hormonaux, ainsi que les conditions locales : ancienneté de l'édentement, localisation, antécédents de pathologies, contraintes appliquées avec notamment le port de prothèses amovibles.

De même que la pneumatisation sinusienne post-extractionnelle, la résorption osseuse alvéolaire post-extractionnelle ne répond pas à des explications précises. Quels processus peuvent-ils l'expliquer ? La perte de sollicitations mécaniques sur la crête alvéolaire par l'intermédiaire de l'organe dentaire ? La perte de facteurs cellulaires d'ostéogénèse produite par l'organe dentaire ?

Nous retiendrons la classification de Cawood et Howell (1988) pour les différents stades de résorption alvéolaire et de l'os basal dans le sens vertical et horizontal. Elle apprécie la quantité d'os résiduel et le relief de la crête, permettant une orientation thérapeutique.

- Classe I : arcade dentée
- Classe II : hauteur osseuse post-extractionnelle
- Classe III : crête arrondie de hauteur et largeur normale
- Classe IV : crête très mince (en lame de couteau), hauteur normale
- Classe V : crête plate, très résorbée (hauteur et largeur insuffisante)
- Classe VI : crête négative (concave), avec résorption de l'os basal

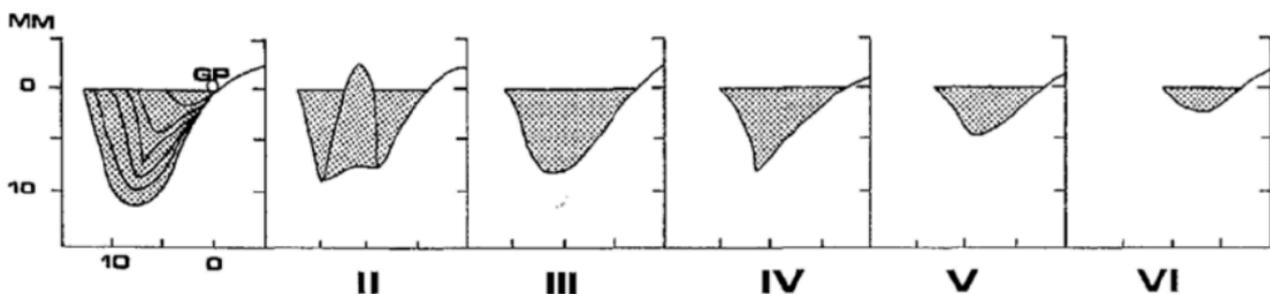


Figure 8 : Représentation schématique de la classification de Cawood et Howell (1988), appliquée au secteur maxillaire postérieur⁴²

Le maintien du volume osseux est nécessaire au remplacement de l'organe dentaire, quel que soit le type de prothèse envisagée ^{27,38,43}. Il existe différents moyens de limiter la résorption post-extractionnelle :

- Les moyens d'investigation clinique et radiographique afin de maîtriser les volumes résiduels d'ancrage des racines « artificielles », et l'analyse d'un schéma biomécanique adapté (nombre d'implants suffisant et répartition, axe favorable dont l'inclinaison est possible avec répartition des charges).
- L'emploi de techniques chirurgicales atraumatiques, adaptées et respectueuses des tables osseuses ²⁷ (fraises chirurgicales de séparation des racines, élévateurs, périotomes, insert d'extraction pour piézotome). Elles permettent de fractionner les racines afin d'éviter toute perte, fracture, ou écrasement des parois alvéolaires/inter-radiculaires, et de limiter les délais de cicatrisation.
- La préservation alvéolaire avec des techniques de régénération osseuse, après curetage et assainissement, protège la crête alvéolaire des phénomènes de résorption. Soit :
 - par stabilisation du caillot après extraction par des sutures étanches,
 - par comblement alvéolaire immédiat après l'extraction, associé à un lambeau de recouvrement total
- La précocité des interventions après extraction (quelques semaines) ou la pose immédiate des implants avec comblement des espaces libres, si leur stabilité primaire est suffisante ¹⁵. En effet, la mise en fonction d'implants prévient la résorption de l'os natif ainsi que celle de l'os greffé.
- La mise en place et le contrôle de moyens d'asepsie durant la cicatrisation permet d'éviter les risques d'alvéolites et donc de perte osseuse supplémentaire : règles d'hygiène, prescription d'antiseptiques locaux voire d'antibiotiques selon le patient ; la consommation d'alcool et de tabac est proscrite.

De nombreux cliniciens préconisent d'augmenter le volume osseux per-extractionnel avec des techniques de régénération, en prévention de la future réhabilitation prothétique. Ces techniques sont particulièrement intéressantes lors de défauts osseux et de la perte clinique d'attache distale des deuxièmes molaires, car le pronostic à long terme de ces dents est compromis.

Actuellement, l'efficacité des techniques de préservation alvéolaire, comparée à une cicatrisation naturelle, n'est pas clairement établie. La persistance de substitut osseux lors de la cicatrisation, vérifiée par examens histologiques, pourrait être à l'origine de cette stabilisation du volume osseux. **Les interventions alvéolaires per-extractionnelles permettent de réduire les variations dimensionnelles post-extractionnelles, mais sont incapables de prévenir la résorption ^{44,45}. La régénération per-extractionnelle doit être considérée avec prudence, notamment sur la justification de son coût par rapport au résultat final pour le patient.**

V. Conclusion

A travers cette première partie, nous avons pu décrire les spécificités du secteur postérieur maxillaire et les éventuels défauts osseux associés.

Le secteur postérieur maxillaire présente peu de risques chirurgicaux. Il entretient des rapports étroits avec les sinus maxillaires, dont les variations anatomiques peuvent impacter l'abord chirurgical et implantaire. En effet, la position de la paroi inférieure sinusienne par rapport à la crête alvéolaire définit la hauteur disponible pour la pose d'un implant. L'analyse osseuse permet de planifier les stratégies thérapeutiques de réhabilitation fonctionnelle et esthétique. D'une manière générale, la qualité osseuse du maxillaire postérieur est faible et nécessite toute l'attention du praticien pour assurer une stabilité primaire et une bonne cicatrisation osseuse.

Les défauts osseux présentent des caractéristiques et des volumes variables qui impactent le choix de la stratégie thérapeutique. Les résultats les plus prédictibles concernent les défauts osseux à trois parois. L'analyse de leur étiologie est importante, pour pouvoir la traiter si possible, et éviter toute récurrence ou aggravation de la situation. La résorption post-extractionnelle est un des paramètres majeurs à considérer lors de la planification implantaire afin de limiter ce processus et de préserver le maximum d'os alvéolaire en cas d'avulsion.

La réhabilitation du maxillaire postérieur constitue fréquemment un véritable challenge en raison d'une épaisseur osseuse inadéquate et de la faible qualité osseuse. Le choix des stratégies thérapeutiques dans le secteur maxillaire postérieur dépend de plusieurs paramètres anatomiques que le clinicien doit considérer, sans négliger son expérience, son plateau technique, le patient. Les motivations esthétiques et fonctionnelles du patient doivent être clairement évoquées. Le clinicien doit y répondre en intégrant les données biologiques et techniques. Le plan de traitement envisagé doit être expliqué, notamment la balance bénéfices/risques qui constitue l'obligation d'information médico-légale.

2ème PARTIE – Différentes stratégies thérapeutiques

I. Généralités

1. Présentation

Nous avons vu précédemment l'intérêt d'analyser le défaut osseux, de mettre en évidence les principaux obstacles maxillaires afin d'adapter une stratégie thérapeutique et de prévoir une planification per ou post-opératoire dans le cadre de réhabilitation implantaire. La réussite de tout traitement dépend d'une technique chirurgicale adaptée et maîtrisée.

L'arsenal thérapeutique qui s'offre à nous pour la gestion de défauts osseux du secteur maxillaire postérieur est vaste : greffes d'apposition ou bloc osseux, régénération osseuse guidée (ROG), distraction alvéolaire, expansion crestale, comblement sinusien, pose d'implants courts ou étroits. Bien souvent, les insuffisances osseuses sont à la fois verticales et transversales. Elles sont dites « combinées ». Les solutions thérapeutiques seront alors mixtes et plus complexes.

Dans le cas de pertes de substance importantes, d'édentement complet ou d'atrophie sévère du maxillaire, il existe aussi des techniques de chirurgie osseuse reconstructive lourdes et complexes, réservées à un cadre d'équipes pluridisciplinaires spécialisées : distraction verticale, intervention de Lefort I, transferts osseux vascularisés, pose d'implants zygomatiques et ptérygoïdiens. Nous ne les aborderons pas ici.

Déficit osseux	Stratégie thérapeutique
Insuffisance osseuse TRANSVERSALE	<ul style="list-style-type: none">- Bloc osseux- ROG- Expansion crestale transversale- Distraction alvéolaire- Mise en place d'implants de diamètre étroit
Insuffisance osseuse VERTICALE	<p>Si la HOPU est augmentée => Reconstruction de la crête alvéolaire :</p> <ul style="list-style-type: none">- Bloc osseux- ROG- Distraction alvéolaire <p>Si la HOPU est conservée mais que la hauteur sous-sinusienne est insuffisante :</p> <ul style="list-style-type: none">- Comblement sinusien :<ul style="list-style-type: none">o Voie latéraleo Voie crestale- Mise en place d'implants courts

Tableau 4 : Principales options thérapeutiques des insuffisances osseuses maxillaires

2. Fondements biologiques de la cicatrisation osseuse

Nous parlons d'une manière générale de techniques de régénération osseuse pour la gestion de défauts osseux. Le terme de « régénération » est-il bien approprié ?

La **cicatrisation** est la **réparation spontanée** d'un tissu de l'organisme atteint d'une lésion, aboutissant généralement à une cicatrice. Le terme de **régénération** correspond à la **reconstitution** des tissus lésés. La **néoformation** consiste, quant à elle, à la formation d'un nouveau tissu qui n'existait pas auparavant. L'exemple le plus simple pour visualiser le **processus de cicatrisation** est la fracture alvéolaire. L'immobilisation du fragment permet la formation d'os cicatriciel au niveau du trait de fracture. L'excellente capacité de réparation spontanée osseuse peut être entravée par les facteurs suivants : un apport sanguin limité, une instabilité mécanique, un défaut dépassant la taille critique⁴⁶, une compétition de tissus à turn over cellulaire élevé (tissus mous). Si l'immobilité du fragment osseux n'est pas obtenue ou l'apport sanguin insuffisant, la cicatrisation ne se fait pas. Le clinicien doit alors intervenir pour favoriser un **processus de régénération** du tissu lésé.

Le processus de cicatrisation osseuse post-extractionnelle est particulier. Il fait intervenir à la fois **réparation et formation**, mais aussi **résorption**. Les alvéoles laissées vides après avulsion cicatrisent selon plusieurs phases^{41,47}. De l'os se forme en leur sein à partir du caillot sanguin. Le remodelage osseux se fait par adaptation fonctionnelle et détermine l'architecture corticale et trabéculaire^{48,49,50,51}. Mais le volume crestal sera diminué par rapport à l'état initial. Généralement, le clinicien cherche à compenser la résorption post-extractionnelle, ou à augmenter la hauteur alvéolaire initiale en favorisant la formation d'os alvéolaire, à l'aide de techniques de comblement post-extractionnel⁴⁵. Il fait appel au **processus de formation** osseuse à proprement parler, puisque l'os n'existait pas au préalable.

Ces trois notions semblent intrinsèquement liées, et la limite entre elles difficile à mettre en évidence. Le processus cellulaire et moléculaire est-il identique ? Existe-t-il un impact sur nos thérapies ?

Par la suite, nous utiliserons le terme de « **régénération** », car il est universellement employé dans les revues scientifiques internationales, sans distinction de ces trois processus permettant de réparer, de reconstruire ou de former de l'os.

L'ostéoconduction, l'ostéoinduction et l'ostéogénèse sont les procédés de néoformation osseuses qui permettent de classer les propriétés biologiques et les effets cliniques des substituts osseux et des membranes^{52,53}. Ces trois processus dépendent de la vascularisation, qui est un facteur indispensable à l'intégration et à la stabilisation du substitut osseux : elle doit être rapide et riche en facteurs de croissance. Les matériaux ostéoconducteurs permettent de stimuler et de recruter les cellules ostéogénitrices au niveau de la matrice, et de favoriser la formation d'un réseau avec le développement des cellules osseuses. L'ostéoinduction se réfère aux propriétés des matériaux capables d'induire la différenciation de cellules mésenchymateuses indifférenciées en ostéoblastes. L'os autogène est le seul considéré comme ostéogénique.

Les greffes osseuses autogènes, longtemps considérées comme le *gold standard* des matériaux de transplantation^{54,55,56,57}, sont supplantées par les biomatériaux ostéoconducteurs, et ceci, pour plusieurs raisons : le prix, la quantité disponible, le faible taux de résorption.

3. Différents moyens de régénération osseuse

La compréhension des processus ostéogénique, ostéoconducteur et ostéoinducteur, ainsi que leur relation avec les divers matériaux permettent d'aider le clinicien à prendre des décisions fondées et rationnelles dans le choix du substitut de greffe et/ou de membrane, afin d'obtenir des résultats adaptés selon le type et la taille du défaut osseux post-extractionnel. Les moyens dont nous disposons, pour la régénération osseuse, sont :

- L'os autogène qui est **le seul ostéogénique** (ostéoinducteur et ostéoconducteur)
- Les biomatériaux **ostéoconducteurs** :
 - Allogénique (origine humaine)
 - Xénogénique (origine animale)
 - Alloplastique (origine synthétique)
- Les facteurs de croissance, **ostéoinducteurs**, issus de la bioingénierie tissulaire ²⁷ :
 - Les dérivés plaquettaires originaires de prélèvements sanguins centrifugés : *platelet rich in plasma* (PRP) et *platelet rich in fibrine* (PRF)
 - Les protéines recombinantes humaines : *recombinant human bone morphogenetic protein* (rhBMP-2), et les *recombinant human platelet-derived growth factor BB* (rhPDGF-BB)

La réglementation des biomatériaux est stricte : ils doivent répondre aux standards de l'agence de Biomédecine ²⁷. D'une manière générale, que ce soit des matériaux de substitution ou des membranes, les biomatériaux doivent être biocompatibles, faciles de manipulation, de stabilisation aisée, et de préférence, peu onéreux. Les matériaux de substitution sont bioinertes, et biodégradables. Leur architecture permet la stabilisation et le comblement des espaces vacants, la migration et la prolifération cellulaire, grâce à la matrice, afin de favoriser la formation d'un nouvel os en leur sein. De nouveaux substituts xénogéniques se sont développés avec préservation du collagène (OstéoBiol® de Tecnos). Les substituts alloplastiques sont très variés : polymères, verres bioactifs, hydroxyapatite naturelle ou synthétique. Les membranes sont résorbables ou non, souples ou armées. Elles doivent être suffisamment résistantes et stables pour assurer leur fonction de barrière, et hydrophiles (pouvoir adhésif). Leur structure permet l'adhérence de cellules épithéliales conjonctives. Les facteurs de croissance permettent « d'enrober » le substitut osseux pour assurer une vascularisation en profondeur et une cicatrisation plus rapide. Ils peuvent se présenter sous forme de membrane pour les PRF, mais ne sont pas comparables à des membranes classiques qui ont un rôle de soutien et de barrière.

Lors de comblement sinusien ou d'augmentation crestale, le taux de survie implantaire semble indépendant du choix du substitut de comblement, que ce soit de l'os autogène, un biomatériau ou une combinaison des deux ⁵⁸.

Nous utiliserons par la suite le terme générique de **substitut osseux**, qui englobe tout aussi bien **l'os autogène que les biomatériaux ostéoconducteurs**.

4. Principes fondamentaux

Avant toute thérapeutique implantaire, rappelons qu'il est nécessaire de réaliser un bilan pré-implantaire complet afin de déterminer les motivations du patient, de l'informer et répondre à ses questions, de déterminer et respecter d'éventuelles contre-indications locales ou générales (classification ASA ⁵⁹), et de prévoir la chirurgie afin d'assurer sa réussite et sa pérennité.

Le taux de survie implantaire peut être influencé par l'accès chirurgical, le type et l'emploi de substitut de comblement, la longueur et la surface de l'implant, l'hygiène bucco-dentaire, le respect des recommandations HAS de prescription d'antibiotiques, mais aussi par le tabagisme. La maintenance parodontale permet la pérennité des traitements implantaires, notamment chez les patients fumeurs avec antécédent de maladie parodontale. Le tabagisme est l'un des facteurs de risque des thérapies implantaires et des chirurgies d'augmentation osseuse ^{60,61}. Les patients fumeurs semblent présenter un risque de péri-implantite plus important, leur cicatrisation étant diminuée par l'ischémie des vaisseaux ⁴³. Toutefois, le lien direct entre tabagisme et péri-implantite n'a jamais été établi dans les méta-analyses ^{62,63}.

Le bilan pré-chirurgical, clinique et radiographique, permet d'évaluer notamment :

- Les caractéristiques du défaut osseux :
 - o La présence d'un défaut osseux ou de plusieurs défauts osseux associés,
 - o La direction : transversale, verticale, mixte,
 - o La localisation : sinusienne (procidence du sinus), crestale (linéaire, angulaire)
 - o Le volume : risque de CBS ?
 - o La perturbation des rapports intermaxillaires et l'impact sur la HOPU
- Le potentiel ostéogénique du site traité,
- L'intégrité du parodonte des dents avoisinantes,
- Le plancher sinusien : morphologie irrégulière, présence de septa (localisation, nombre, hauteur et morphologie), hauteur sous sinusienne (HSS) disponible
- La délimitation du volet osseux à réaliser,
- La membrane de Schneider : épaisseur, présence d'affection sinusienne,
- La situation de l'artère antrale alvéolaire.

Pour assurer une prédictibilité des thérapeutiques chirurgicales de régénération et des implants, quelques règles semblent importantes à respecter ^{27,38}:

- Hygiène bucco-dentaire (HBD) et maintenance des dents avoisinantes
- Prémédication sédatrice recommandée lors de chirurgie lourde
- Rigueur de l'acte opératoire pour assurer le succès
- Techniques chirurgicales les moins traumatiques possibles et irrigation
- Parage de l'alvéole déshabillée lors de l'avulsion
- Assainissement et vascularisation du site receveur
- Préparation du greffon et adaptation au lit receveur
- Stabilisation du greffon et régularisation osseuse
- Comblement des espaces libres
- Barrière membranaire protectrice stable et résistante
- Lambeau muco-périosté élastique et de recouvrement total avec clivage partiel
- Sutures étanches, sans tensions, et libération des insertions musculaires
- Vérification de l'étanchéité et de la stabilité du site chirurgical
- Respect du temps de cicatrisation (6-7 mois pour le maxillaire) et absence de contraintes
- Prothèses provisoires déconseillées durant toute la cicatrisation ⁶⁴
- Contrôle clinique et radiologique régulier pré-implantaire et post-opératoire
- Prévention des complications fréquentes : œdème, hématome, douleurs, paresthésies
- Gestion rapide et efficace des complications et échecs post-chirurgicaux.

II. Techniques de régénération osseuse

1. Blocs osseux

a. Présentation

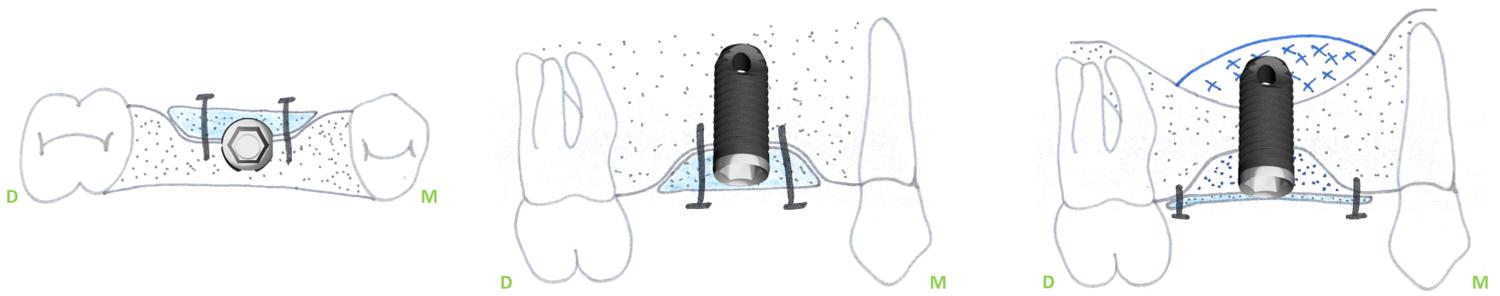
La greffe d'apposition ou blocs osseux est une chirurgie additive horizontale ou verticale, qui correspond à la mise en place de blocs osseux exogènes ou endogènes, vissés, recouverts ou non d'une membrane. On parle de **greffe en inlay** lorsque le bloc osseux est encastré dans un défaut délimité, et de **greffe en onlay** lorsque le bloc est apposé sur la crête en présence de défaut étendu. Les blocs osseux proviennent soit de prélèvements intra-oraux (symphyse, ramus, tubérosité ^{27,65,66,67,68}), soit extra-oraux qui, eux, sont réservés à des praticiens spécialisés. Le choix dépend du volume du défaut osseux ⁶⁹. Les sites de prélèvements ont une origine embryologique commune de type membraneuse, identique à celle du site receveur, présentant un faible taux de résorption par rapport à un os d'origine embryologique endochondrale ⁷⁰. Les blocs autogènes, toujours considérés comme le *gold standard* en raison de leur potentiel ostéogénique ^{71,72,73}, peuvent être corticaux, spongieux ou cortico-spongieux ³⁸. La résistance mécanique est assurée par la corticale. L'os spongieux confère la vascularisation et l'apport d'éléments ostéogènes. La revascularisation des blocs cortico-spongieux est plus rapide et plus dense, mais moins importante que le matériel particulaire ^{74,75}. Les blocs osseux allogènes nécessitent des traitements spécifiques pour assurer leur biocompatibilité, qui réduisent leurs propriétés mécaniques. **Actuellement, aucun consensus ne peut être établi concernant le choix entre bloc osseux autogène ou allogène** ⁷⁶. Le taux de succès et de survie implantaire, ainsi que l'augmentation osseuse, présentent des résultats similaires dans les deux cas. **L'utilisation de membrane dépend en partie de la taille du défaut**. S'il est important, la membrane est déconseillée. Elle limite la migration des cellules et des vaisseaux provenant du périoste du lambeau couvrant, entraînant une vascularisation en surface moindre au moment de l'implantation. Les blocs osseux seront plus exposés à des risques de résorption pendant la période d'ostéointégration des implants.

Une technique dérivée de la greffe de bloc osseux est la *bilayering technique*, décrite par Khoury ⁷⁷. Cette technique consiste à réaliser un comblement sinusien par abord crestal et latéral. Deux couches sont formées : une première d'os autogène au niveau crestal, associée à une deuxième de biomatériaux ostéoconducteurs de type hydroxyapatite au niveau sinusien. De fines lamelles d'os cortical autogène, sont fixées sur la crête alvéolaire à l'aide de mini-vis en acier inoxydable (Microscrew, Stoma[®]), afin d'augmenter la hauteur crestale d'au moins 8mm. Le volume crestal obtenu est comblé par de l'os autogène particulaire d'origines multiples : parois sinusiennes (Safescraper[®]), fenêtre sinusienne (8 x 6 mm), puits de forage implantaire, tubérosité, mandibule. Le sinus est comblé de manière concomitante avec de l'hydroxyapatite. Selon la hauteur sous-sinuisienne (HSS), le protocole se fait en une ou deux étapes :

- si HSS \geq 5 mm, l'insertion de l'implant se fait simultanément à la greffe
- si HSS < 5 mm ou en cas de défaut sévère horizontal ou vertical, l'implantation est différée.

C'est une technique sûre, efficace, prédictible, stable à long terme pour la réhabilitation implantaire de secteur postérieur fortement atrophié. Elle réduit la période de cicatrisation, permettant une insertion et une mise en charge plus rapide des implants dans les zones greffées. Le taux de survie obtenu est similaire aux implants placés dans des zones non greffées.

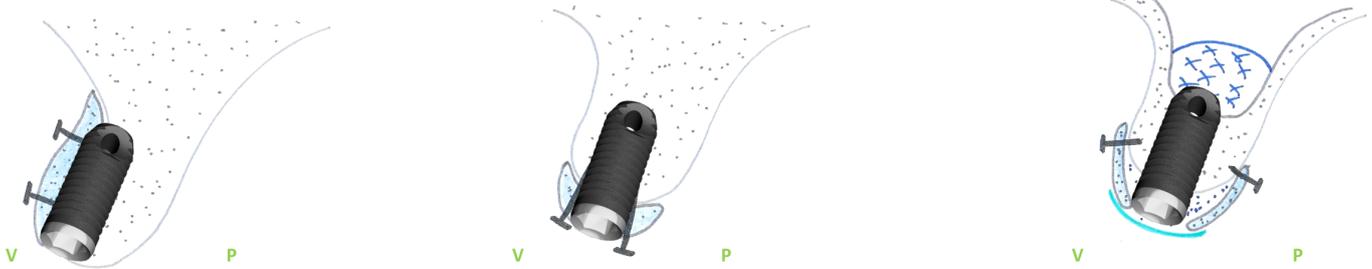
La formation d'un volume crestal par de fines corticales osseuses, qui sera ensuite comblé d'os autogène pour permettre la régénération osseuse peut se faire indépendamment du comblement sinusien. On parle alors de *Split Bone Block* (technique SBB de F.Khoury).



Bloc osseux horizontal

Bloc osseux vertical

Layering technique



LEGENDE



- Greffon osseux autogène/allogène
- Os autogène particulaire
- Substitut osseux particulaire non autogène
- Vis d'ostéosynthèse
- Membrane
- Mésial
- Distal
- Palatin
- Vestibulaire

Figure 9 : Schéma de la greffe de blocs osseux et de la technique des couches en vue occlusale et transversale

En présence de défaut osseux vestibulaire ou palatin, limité et de faible étendue, la *Bone core technique* de Khoury⁷⁸ est intéressante. Elle consiste en un prélèvement d'os spongieux par trépine au niveau du site chirurgical, ensuite stabilisé par la tête de la mini-vis au niveau du défaut osseux. L'ajout de biomatériaux de comblement ou de membrane n'est pas nécessaire. Cette technique est moins invasive et permet l'insertion implantaire de manière concomitante à la greffe. La chirurgie est cependant délicate en raison du prélèvement d'os spongieux de 10 mm de long, qui présente un risque de fracture ou d'instabilité lors de la mise en place, notamment en cas d'une qualité osseuse faible.



Figure 10 : Bone core technique

(a) défaut osseux vestibulaire et palatin. (b) Reconstruction des défauts osseux avec greffons stabilisés par compression par des mini-vis. (c) 3 mois postopératoires.

b. Indications

La greffe d'apposition est indiquée en cas d'**insuffisance osseuse verticale ou transversale, d'étendue moyenne à sévère** ⁷⁹.

c. Avantages / Inconvénients

Le bloc autogène présente l'avantage d'être ostéogénique. Le prélèvement extraoral du greffon majore les douleurs, l'inconfort, les paresthésies transitoires, mais aussi l'hospitalisation et le coût élevé ^{79,80}. La morbidité et la résorption des greffons est moindre si le site est intraoral ^{66,81,82}. Le recouvrement du site d'autogreffe et le comblement des espaces libres par des substituts de régénération permettent de constituer une matrice et de limiter la résorption ^{83,84}. La nécessité d'un second site chirurgical est toujours une source de stress pour le patient et augmente les conséquences post-opératoires (paresthésies transitoires, brides cicatricielles, fracture mandibulaire). La *Bone core technique* évite un second site chirurgical, mais les indications restent restreintes à des défauts osseux limités et de faible étendue.

Le bloc allogène permet une chirurgie moins invasive et simplifiée pour le patient en raison de l'absence de site de prélèvement. En revanche, les propriétés mécaniques sont diminuées du fait des traitements reçus par le greffon pour être biocompatible et bioinerte. Il présente une intégration plus délicate que le greffon autogène car la cicatrisation est retardée et plus longue. L'utilisation de facteurs de croissance permettrait de favoriser son ostéointégration.

d. Succès / Morbidité

La greffe de blocs osseux est une méthode fiable et prévisible pour la régénération des crêtes. Elle permet un **gain horizontal de 4 à 6 mm** ^{73,79,83,85,86,87}.

e. Complications

Les complications des greffes d'appositions ²⁷ sont pour les blocs autogènes : l'exposition du greffon, l'infection du greffon, la résorption du greffon, la perte partielle/totale du greffon, et pour les blocs allogéniques, s'y ajoute la fragmentation du greffon, la fracture partielle du greffon, et l'absence d'intégration. L'infection est exceptionnelle chez les patients ASA I ou II, notamment en raison de la prescription recommandée d'antibiothérapie (grade c) ⁸⁸. Elle peut être due à une mauvaise HBD, au tabagisme.

2. Régénération osseuse guidée (ROG)

a. Présentation

La régénération osseuse guidée repose à l'origine sur les travaux d'Hurley et Boyne ⁸⁹. Initialement, cette méthode a été utilisée avec succès dans le domaine de la régénération parodontale ^{90,91}. Dès 1980, Louis et coll. évoquent les principes de la ROG et de la chirurgie muco-gingivale, dans le but d'isoler les tissus cicatriciels et les cellules ostéoformatrices du milieu buccal. Plus tard, la ROG a été introduite en implantologie ^{92,93,94}. Cette technique correspond à la mise en place d'une barrière membranaire qui maintient un espace stable à trois dimensions, délimité par des murs osseux, et qui prévient la migration des tissus mous concurrents non ostéogènes dans l'espace préformé. Une nouvelle barrière osseuse se forme à partir du caillot sanguin par l'activation d'ostéoblastes et de cellules progénitrices ⁹⁵, indépendamment de la barrière membranaire. La membrane reste séparée de l'os par une couche de tissus conjonctifs jusqu'à la fin de la régénération. Le substitut de comblement est remplacé progressivement par de l'os néoformé aux propriétés identiques à l'os natif.

La ROG peut se faire avec le caillot sanguin seul, ou avec de l'os autogène ou un substitut osseux particulière ou un mélange des deux. Le substitut permet de conserver l'espace et de servir de support aux cellules de l'ostéogénèse. L'ajout de substitut n'est pas systématique : une membrane peut être suffisante pour stabiliser le caillot, si elle est renforcée en titane ou que les murs osseux forment un volume à 3 parois, pour le protéger des contraintes mécaniques et de la contamination salivaire ⁹⁶. Le site chirurgical est recouvert par une **membrane résorbable ou non résorbable** ^{97,98}, qui est stabilisée à l'aide de pin's, ou de mini-vis. Les membranes doivent présenter une rigidité suffisante et un maintien stable de l'espace afin d'obtenir une ROG adaptée. Les membranes résorbables sont pour la plupart à base de collagène. Les membranes non résorbables sont de deux types : polytétrafluoroéthane expansé (*expanded polytetrafluoroethylene e-PTFE*), ou titane (Ti-Mesh). Récemment, des membranes préformées en titane (*preformed titanium membrane 3D-PFTM*) ont été développées pour diminuer les inconvénients des membranes conventionnelles Ti-Mesh ⁹⁹. Les Ti-Mesh présentent une difficulté d'adaptation au site (couper, étirer, courber) ¹⁰⁰, et des angles vifs entraînant une exposition prématurée ¹⁰¹. Les PTFM sont fabriquées sous différentes formes adaptées aux principaux défauts observés, ce qui minimise les procédures d'adaptation ¹⁰², l'exposition membranaire, et permet d'augmenter la régénération osseuse péri-implantaire ¹⁰³. Les 3D-PFTM augmentent les propriétés mécaniques et l'adaptation clinique, l'efficacité de la maintenance de l'espace stable, et stabilisent le substitut osseux particulière.

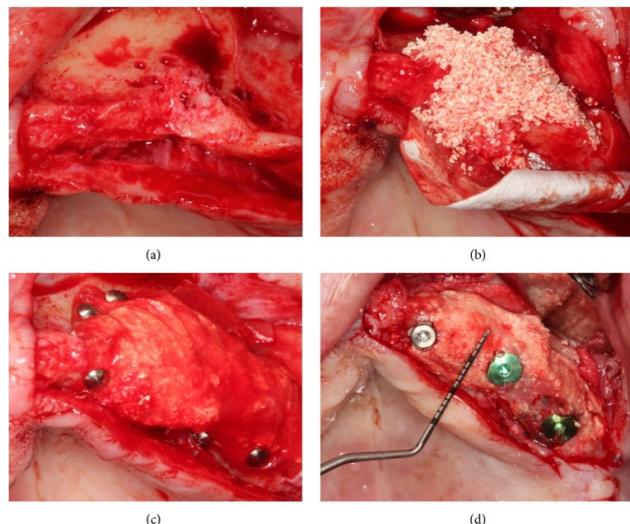


Figure 11 : Séquence chirurgicale de ROG avec stabilisation de la membrane par pin's ¹⁰⁴

(a-c) augmentation horizontale, (d) mise en place des implants après cicatrisation

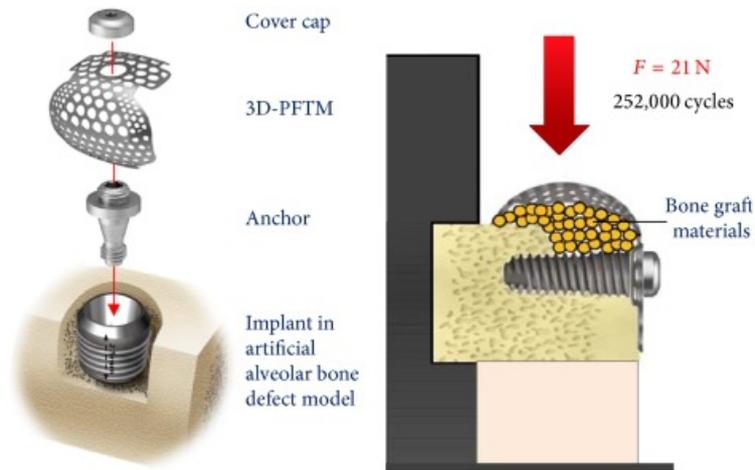


Figure 12 : Schéma de la ROG à l'aide d'une membrane titane 3D-PTFM ⁹⁸

b. Indications

La ROG est indiquée dans les **défauts osseux localisés** de la crête alvéolaire, **étendus dans le sens transversal ou vertical**, ainsi qu'en cas de péri-implantite. Elle peut être réalisée de manière per-extractionnelle ou post-extractionnelle, pré-implantaire ou per-implantaire. Les indications per-extractionnelles sont : alvéole résiduelle surdimensionnée par rapport au diamètre de l'implant, fenestration alvéolaire, insuffisance osseuse crestale post-extractionnelle, fragilité des parois osseuses alvéolaires, résorption osseuse sur un terrain parodontal affecté, pneumatisation sinusienne avec procidence.

c. Avantages / Inconvénients

Les techniques de ROG permettent une excellente formation osseuse, mais elles sont limitées par la taille du défaut. Les principaux inconvénients sont le temps de régénération important et la difficulté de conserver un espace à trois dimensions stable et durable.

Les membranes résorbables sont faciles à manipuler, peu exigeantes selon la forme du lambeau. Elles évitent une deuxième chirurgie, et présentent un risque réduit d'exposition membranaire ⁸³. Leurs propriétés mécaniques, que ce soit la rigidité ou la stabilité, sont insuffisantes pour le maintien d'un espace stable dans le temps ^{105,106}. Lors de la mise en place de l'implant, ou lors des sutures, il y a un risque de déplacement de la greffe, entraînant une ROG inadaptée ¹⁰⁷. Elles peuvent aussi provoquer une réaction inflammatoire lors de leur propre résorption, associée à un risque de résorption d'une partie de l'os natif, et donc une insuffisance du processus de régénération osseuse.

Les membranes non résorbables présentent des propriétés mécaniques plus importantes, une excellente rigidité et permettent une conservation stable de l'espace. Elles sont utilisées dans les procédures chirurgicales qui requièrent une grande quantité de substitut osseux ¹⁰⁸. Leur manipulation est plus délicate pour les adapter au site chirurgical.

Le principal inconvénient est le retrait de la membrane en titane nécessitant une deuxième chirurgie, avec des risques de blessures des muqueuses et de résorption au retrait, entraînant des délais de cicatrisation et implantaire plus longs ¹⁰⁹. L'exposition des membranes non résorbables est plus fréquente lors de la ROG. La conduite à tenir varie selon le degré d'exposition et l'association, ou non, à une infection.

d. Succès / Morbidité

Le **gain horizontal** avec la ROG varie de **1,37 à 6 mm**^{110,111,112,113}. Le **gain vertical moyen** lors de la ROG avec de l'os autogène et une membrane est de **5 mm**^{114,115,116}. Le succès de la ROG dépend des paramètres suivants :

- La membrane doit être suffisamment stable dans le temps et dans l'espace, permettant la stabilisation des particules transplantées,
- Un espace stable à trois dimensions doit être maintenu et délimité par des murs osseux,
- Le caillot doit être stable et l'inflammation réduite.

Après traitement par ROG, il peut y avoir une insuffisance de régénération osseuse. Elle se traduit par une absence partielle ou totale d'une augmentation de volume osseux après traitement. La ROG incomplète est fréquente avec l'utilisation de membrane résorbable. Plusieurs étiologies sont possibles : site traité avec insuffisance de vascularisation du matériau de comblement, faible potentialité des agents biologiques, matériau de comblement instable, fuite de matériau, membrane résorbée trop rapidement/altérée/mobile, propriétés mécaniques insuffisantes. Une intervention chirurgicale supplémentaire sera envisagée.

e. Complications

Des complications post-opératoires peuvent survenir : exposition de la membrane avec ou sans infection, lésions iatrogènes du périoste. Lors de l'exposition membranaire, les tissus mous lésés s'infiltrent sous la membrane et entrent en compétition avec les cellules ostéogénitrices. Les lésions iatrogènes consécutives aux incisions du périoste entraînent une effraction de la muqueuse vestibulaire ou linguale, exposant directement le site. Les infections bactériennes par exposition prématurée demeurent la plus grande source d'échec de la ROG^{117,118,119}. L'étiologie des complications post-opératoires est variée. Elle est en relation avec le matériel employé, la technique utilisée, l'anatomie du site traité, des sutures sous tension, l'absence de mesures préventives du patient, la compression tissulaire liée au port d'une prothèse provisoire, des mouvements collapsus de la membrane entraînés par la pression des muscles.

3. Distraction alvéolaire

a. Présentation

La distraction alvéolaire a été introduite en chirurgie orale et maxillofaciale par Mc Carthy et al. en 1992¹²⁰. Elle consiste à élever un fragment osseux obtenu après ostéotomie, selon une force de traction contrôlée et progressive, pour induire la création d'un nouvel os accompagné de ses tissus mous adjacents^{121,122}. La traction permet l'ostéogénèse le long du trait de fracture¹⁵. L'os doit rester vascularisé et solidaire de la gencive pour éviter sa résorption. L'allongement de la muqueuse doit être concomitante afin de recouvrir les greffons. Cette technique comporte cinq étapes : **l'ostéotomie, la période de latence, la distraction, la consolidation, puis la dépose du distracteur**. Le placement des implants se fait après distraction. Il est possible de distraire un segment osseux avec des implants ou des dents. La régénération osseuse par distraction alvéolaire repose sur la formation d'un cal conjonctif, initié par une fine ligne d'ostéotomie¹²³, qui se minéralise lors de la guérison, selon les principes d'Ilizarov (1989). Le déroulement biologique de la guérison osseuse est le même que pour la réparation osseuse¹²⁴. La seule différence réside lors du calus avant la minéralisation. Un mouvement mécanique d'extension appliqué à l'os fracturé empêche cette consolidation et provoque une élongation lente, continue et dynamique du cal¹²¹. La distraction osseuse est essentiellement contrôlée par deux mécanismes biologiques^{125,126,127} :

- La tension mécanique responsable de la synthèse et libération de facteurs de croissance, qui activent et prolongent le processus de régénération sans phénomène inflammatoire,
- La vascularisation et l'apport en oxygène, qui dépendent de l'intégrité des tissus de la plaie et de la qualité de l'intervention chirurgicale^{128,129}.

Il existe différents types de distracteurs : sous muqueux (système TRACK[®], système VERONA[®]), trans-osseux (LEAD System[®], ACE OsteoGenic Distractor[®], Maastricht Distraction Screw System[®], GDD[®]) et les implants distracteurs (système DISSI[®]).

La difficulté majeure est de bien positionner dès le départ la vis de distraction dans l'axe de la future prothèse.

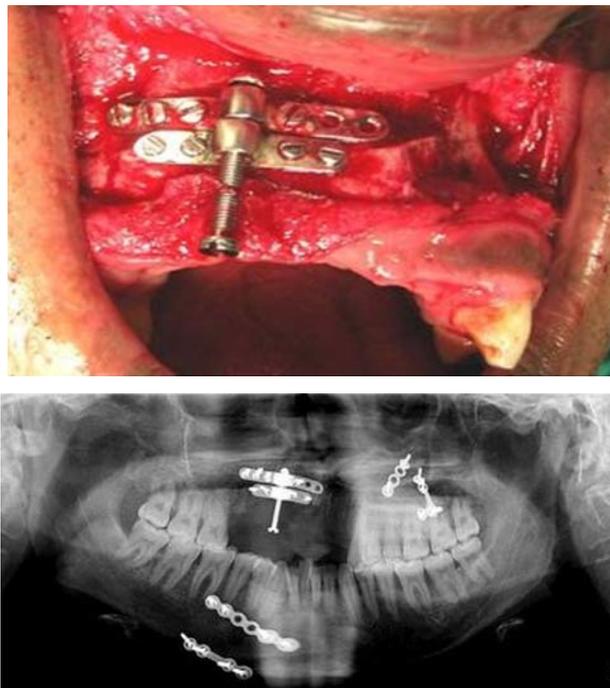


Figure 13 : Photo (en haut) et radiographie panoramique (en bas) d'un distracteur alvéolaire vertical dans le secteur prémolaire maxillaire droite¹³⁰

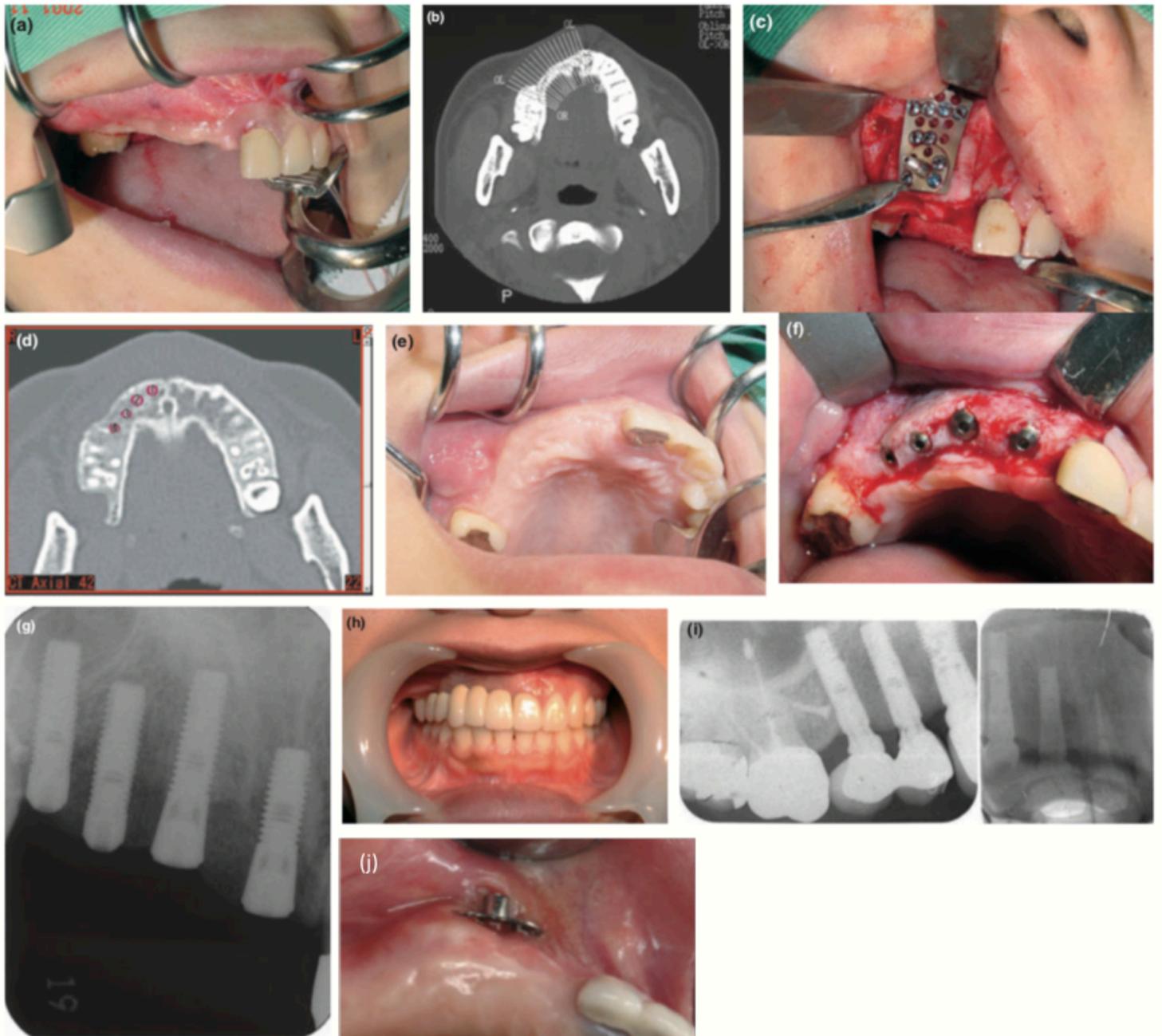


Figure 14 : Distraction alvéolaire horizontale ¹³¹

- (a,b) Situation pré-opératoire de l'atrophie horizontale maxillaire.*
- (c) Vue per-opératoire du placement du distracteur.*
- (d,e) Situation avant la mise en place des implants.*
- (f) Vue per-opératoire de la mise en place des implants.*
- (g) Rétro-alvéolaire de contrôle.*
- (h) Vue intraorale du résultat prothétique.*
- (i) Rétro-alvéolaire de contrôle à 6 ans.*
- (j) Vue intra-orale du distracteur en place*

b. Indications

La distraction osseuse permet de traiter des **défauts osseux verticaux et horizontaux conséquents** ^{131,132}. Sa principale utilisation est l'augmentation verticale. Son indication est limitée à des situations cliniques particulières :

- Édentement partiel ou total ¹³³
- Perte de d'os alvéolaire post-traumatique, post-extractionnel, post-chirurgie carcinologique
- Déplacement du segment osseux porteur d'un implant mal positionné
- Comblement de FLAP
- Implant placé à 2 mm du segment transporté horizontalement ¹³¹
- Indication limitée en présence de crête étroite ⁶⁹

c. Avantages / Inconvénients

La distraction alvéolaire présente de multiples avantages ^{133,134,135,136}. Elle permet un **accroissement simultané des tissus durs et mous** avec un temps d'attente court pour l'insertion des implants, et des résultats d'augmentation verticale plus important que dans le cas de du bloc osseux ¹³³. Elle permet de réaliser une vestibuloplastie secondaire. Elle évite des procédures de greffes osseuses nécessitant un site donneur et les complications associées ¹³⁷. Plusieurs inconvénients sont à prendre en considération ¹³⁵. La distraction alvéolaire est une technique onéreuse, qui nécessite la coopération du patient, en raison de l'inconfort du distracteur et des interférences occlusales qu'il engendre. La procédure est délicate pour plusieurs raisons : le contrôle du vecteur de distraction, le respect du périoste lingual et du plexus vasculaire, la difficulté de l'ostéotomie de la corticale linguale, le risque de fracture des segments osseux ^{138,139}. La distraction nécessite d'effectuer une **hypercorrection d'au moins 20 %** ¹⁴⁰, pour pallier à la résorption alvéolaire systématique post-contention. La résorption dépend de plusieurs paramètres : médicaments, âge, désordres systémiques, habitudes ¹⁴¹. Elle est majorée si le segment fracturaire mesure moins de 4mm de haut, en raison de la difficulté de revascularisation ¹⁴², si le distracteur est semi-rigide car il génère des micromouvements provoquant des ruptures des nouveaux vaisseaux formés. Elle est diminuée, si le temps de distraction est augmenté, ou si les implants sont insérés lors du retrait du distracteur ¹⁴³.

d. Succès / Morbidité

La distraction est fiable, avec une prédictibilité clinique élevée, pour générer des tissus durs et mous dans le sens vertical et horizontal ^{130,131,133}. **Le gain osseux moyen vertical est de 4,91 mm avec un minimum de 2,56 mm, et un maximum de 8,6 mm** ^{144,145}. **Il peut atteindre jusqu'à 10 mm** dans certains cas ¹³⁰. Un seul site chirurgical permet de diminuer la morbidité.

e. Complications

Plusieurs complications peuvent néanmoins survenir : vecteur de distraction incorrect responsable d'un fragment en mauvaise position, apparition de défauts osseux, récessions muqueuses, fracture du segment lors du transport, perte du fragment, infection, paresthésies ¹³⁹. Les complications sont fréquentes, mais causent rarement de graves problèmes ¹³⁹. La plupart sont faciles à résoudre ¹³⁰. Le taux de complications sévères est faible, de même que le taux d'infections. L'indication du traitement, l'utilisation de techniques chirurgicales et d'un protocole adapté permet de les réduire.

4. Expansion cretale transversale

a. Présentation

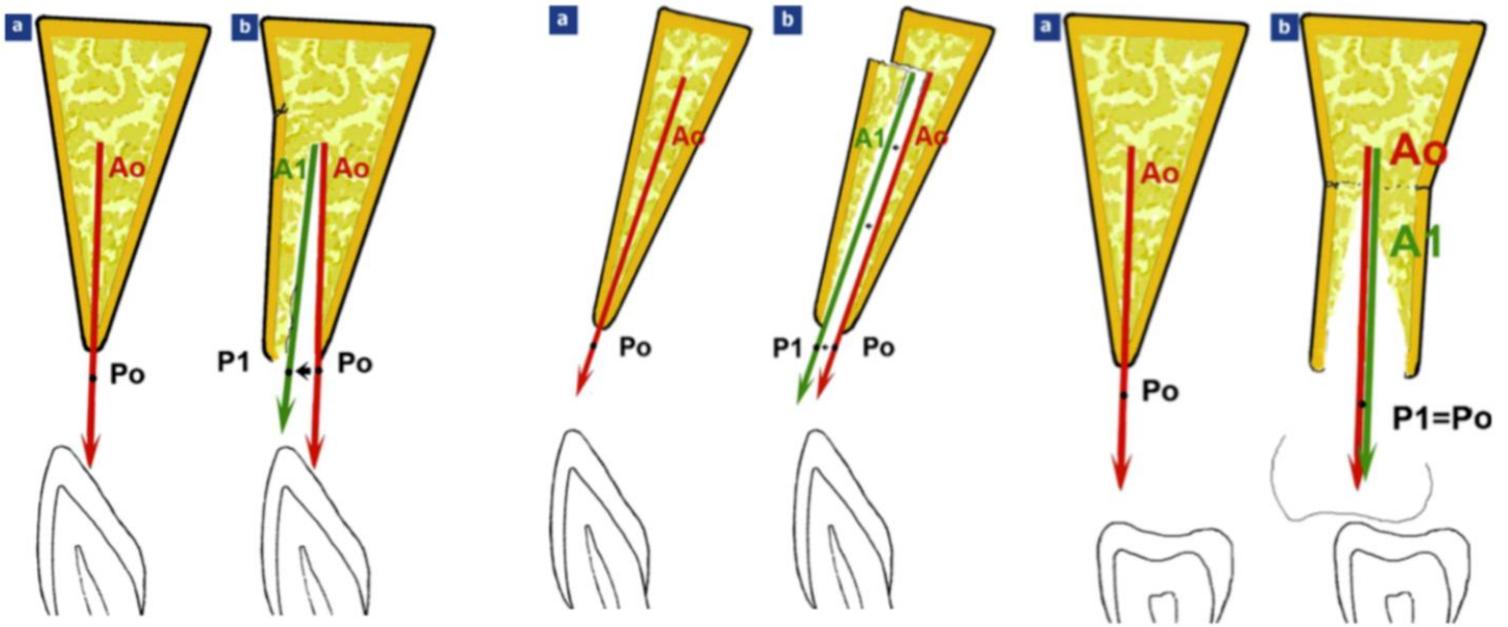
L'expansion transversale joue sur la plasticité de la crête osseuse maxillaire obtenue par corticotomie, afin d'obtenir progressivement un diamètre transversal intercortical suffisant¹⁴⁶. Le principe de l'expansion osseuse a été décrite par Tatum en 1986. Elle permet un élargissement de la crête alvéolaire tout en amorçant une préparation du site implantaire. Les implants sont le plus souvent mis en place dans le même temps opératoire. Leur mise en charge est différée en raison des contraintes transmises aux corticales expansées non cicatrisées. La corticotomie permet de donner l'élasticité nécessaire à l'expansion transversale. Les ostéotomes condensent l'os latéralement et apicalement contre les corticales, et permettent des mouvements latéraux vestibulo-palatins ou linguaux. Le lit implantaire est formé en utilisant des ostéotomes et/ou forets. Les forets évident l'os par alésage crestal et cortical l'adaptant à la convexité implantaire et évitant un excès de luxation du volet osseux. Si le défaut est minime, une simple condensation de la paroi osseuse la plus épaisse (corticale palatine) jusqu'à la paroi vestibulaire, est suffisante. Les implants sont mis en place dans le même temps opératoire si la hauteur osseuse au-dessus de la zone d'expansion est d'environ 5mm, sinon elle sera différée de 4 à 6 mois. **La combinaison avec la ROG permet de préserver la hauteur et la largeur osseuse pour un meilleur pronostic de résultats.** Il existe plusieurs variantes cliniques selon l'axe, le point d'émergence et la stabilité primaire implantaire, ainsi que le volume alvéolaire :

- Corticotomie « en cadre » : elle permet de redresser l'axe de l'implant sans perforation corticale, en présence de corticale vestibulaire très concave, avec une crête osseuse suffisamment large et un point d'émergence implantaire fixe
- Expansion corticale externe à charnière supérieure ou luxation alvéolaire externe à charnière supérieure : elle permet de modifier l'émergence et l'inclinaison de l'implant en présence de crête trop fine par rapport au col de l'implant
- Translation corticale externe : elle permet de déplacer l'implant tout en conservant son angle
- Expansion bicorticale : double corticotomie vestibulaire et palatine avec expansion en bivalve en présence d'effondrement cortical palatin associé
- Expansion en monobloc de tout un secteur : souvent au niveau du maxillaire postérieur car relativement rectiligne.



Figure 15 : Corticotomie en cadre : imagerie 3D et chirurgie¹⁴⁶

- a : patiente de 24 ans avec corticale concave en 12 : l'axe osseux utilisable (ligne continue blanche), le redressement de l'axe recherché après avancée corticale (pointillé blanc)*
b : corticotomie en cadre (pointillé jaune) et passage de l'ostéotomie conique
c : mise en place de l'implant : le mur cortical est préservé et refoulé vers l'avant



Expansion corticale externe à charnière supérieure

a : analyse de l'axe Ao et du point d'émergence Po

b : luxation corticale avec modification de l'axe (A1) et du point d'émergence (P1)

Défaut d'épaisseur subtotale : translation corticale externe

a : analyse de l'axe Ao et du point d'émergence Po

b : pas de modification de l'axe (A1) et translation de (P1)

Expansion bicorticale

a : analyse de l'axe Ao et du point d'émergence Po

b : pas de modification notable de l'axe (A1) et de (P1)

Figure 16 : Variantes cliniques de l'expansion crestale transversale ¹⁴⁶

L'expansion transversale est réalisée si ces conditions anatomiques sont remplies ^{147,148,149} :

- Largeur minimale osseuse de 2 mm
- Hauteur minimale osseuse de 10 mm
- Absence de concavité alvéolaire
- L'ostéotomie horizontale doit s'arrêter au maximum à 1 mm de la dent adjacente

b. Indications

L'expansion transversale peut être indiquée à partir de 16ans, en fin de croissance maxillaire. Elle est recommandée **seulement pour des os de type D3 ou D4**. L'épaisseur crestale minimale d'une paroi corticale pour ce type d'expansion est comprise entre 1,5 et 3 mm ^{150,151,152}. De l'os spongieux doit être interposé entre les corticales pour vasculariser le site. Un **minimum de 3-4 mm de largeur de crête** est donc requis ^{153,154}, sinon une autre technique sera préférable.

c. Avantages et Inconvénients

Cette technique permet de gagner **4 à 5,5 mm d'épaisseur sur une longueur pouvant aller jusqu'à 40 mm** ^{151,155}, tout en conservant l'intégrité de la corticale en regard de l'implant, et limiter son risque d'exposition. L'absence de deuxième temps chirurgical réduit la morbidité, le temps et le coût du traitement ^{147, 156}.

d. Succès / Morbidité

La fiabilité de cette technique est démontrée avec un taux de survie élevé de 96,8 %¹⁵⁷, un taux de succès entre 88 et 98 %^{151,155,156,158,159} et une morbidité limitée. Le gain osseux transversal redonne du volume aux tissus mous, permettant des résultats esthétiques et prothétiques satisfaisants¹⁵⁹. Le taux de survie implantaire avec ou sans ROG est similaire à celui avec l'os natif, soit de 91,7 à 100 %¹⁵⁷.

e. Complications

La corticale osseuse peut rompre complètement lors des manœuvres de luxation, entraînant une nécrose. La mise en place des implants sera différée. L'axe de l'implant peut dériver pendant la préparation implantaire, en raison de mouvements de distension latéraux exagérés et en l'absence de vérification précise des guides de parallélisme. Pendant la cicatrisation et la première année de mise en charge, le niveau osseux crestal doit être anticipé car il existe une légère résorption osseuse.

5. Comblement sinusien ou *Sinus lift*

a. Présentation

Le comblement sinusien ou *sinus lift*, consiste à interposer un substitut osseux entre la membrane de Schneider et le plancher sinusien, afin de rétablir une HSS osseuse suffisante à la mise en place d'implants en secteur maxillaire postérieur ¹⁶⁰. Le volume du comblement doit être contrôlé et partiel. Il ne peut dépasser le tiers du volume total du sinus pour prévenir une éventuelle obstruction et éviter de perturber le drainage. La mise en place de l'implant peut être réalisée simultanément si la stabilisation primaire est obtenue, sinon de manière différée ¹⁶¹. Cette technique peut se faire par deux abords différents :

- Par **voie latérale** ou **voie de Cadwell Luc**,
- Par **voie crestale** ou **expansion crestale aux ostéotomes de Summers** (1994).

La voie latérale a été historiquement décrite par Boyne et James en 1980 ¹⁶⁰. Puis, le premier à imaginer une greffe utilisant ce type d'abord pour poser les implants est Tatum en 1986 ¹⁶². Elle consiste à réaliser un volet osseux vestibulaire, en regard du site implantaire crestal, afin de combler l'espace sous-sinusien en rapport avec l'apex implantaire. Le volet osseux peut être récliné vers l'intérieur ou enlevé et broyé comme substitut pour le comblement.

La voie crestale a été initialement décrite par Summers en 1994 ¹⁶³. Cette technique permet d'impacter le plancher sinusien sur 2-3 mm, en jouant sur la viscoélasticité de l'os de type D3/D4. Elle améliore la stabilité primaire des implants. Le substitut osseux est inséré dans le puits de forage et va jouer un rôle d'amortisseur lors de la fracture du plancher sinusien et du soulèvement de la membrane par impactions répétées des ostéotomes. C'est un geste chirurgical minutieux « à l'aveugle ». Différents instruments sont utilisés : condenseurs et expanseurs osseux, ostéotomes ²⁷, inserts piézo-chirurgicaux. L'utilisation directe de forets implantaire permet de réduire nettement la durée d'intervention d'après Lazzara (1996). La chirurgie sinusienne et la mise en place des implants se font généralement en un temps.

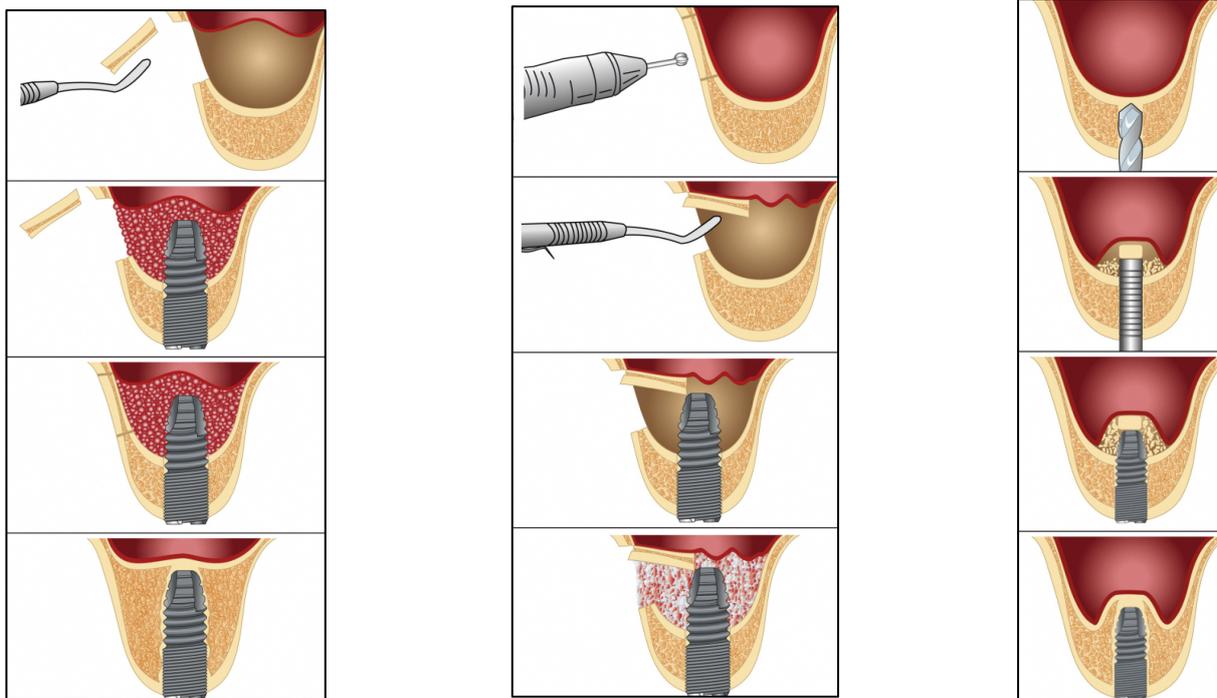


Figure 17: Séquence chirurgicale du comblement sinusien par abord latéral avec élimination du volet latéral (à gauche), ou conservation (au centre), et par abord crestal (à droite) ¹⁶⁴

L'intégrité de la membrane de Schneider doit être contrôlée lors de la chirurgie par la manœuvre de Valsalva, réalisée de manière délicate. En cas de perforation, le traitement sera fonction de l'étendue de la perforation (sutures, interposition d'une membrane, colles biologiques...). Préalablement à la chirurgie, l'ensemble des pathologies sinusiennes (inflammation, obstruction nasal/sinus, CBS) doivent être prises en charge par un spécialiste ORL ^{165,166,167}. Les pathologies sinusiennes de types : tumeur, sinusite chronique, antécédents de chirurgie d'assainissement du sinus (intervention de Cadwell-Luc), contre-indiquent ce type de chirurgie.

b. Indications

Le *sinus lift* est indiqué pour l'**augmentation verticale osseuse**. Il est fréquemment utilisé lors de la pose d'implants courts ou associé à d'autres techniques de régénération osseuse. Ses deux abord sont prédictibles pour la réhabilitation de défauts maxillaires postérieurs ¹³. L'abord latéral est considéré comme la précaution standard dans les cas d'atrophie maxillaire postérieure, bien que l'ostéotomie soit considérée comme une alternative sûre lorsque l'augmentation de volume osseux est limitée ¹⁶⁸. La classification de Misch (1990) oriente le choix d'une thérapie adaptée en fonction de la HSS, dite « sous antrale » (SA) :

- SA-1 : hauteur sous-sinusienne supérieure à 12 mm
=> Mise en place conventionnelle des implants. Temps de cicatrisation : 4 à 6 mois
- SA-2 : hauteur sous-sinusienne comprise entre 8 et 12 mm
=> Voie crestale. Temps de cicatrisation : 6 à 8 mois
- SA-3 : hauteur sous-sinusienne comprise entre 5 et 8 mm
=> Voie latérale en un temps. Temps de cicatrisation : 6 à 10 mois
- SA-4 : hauteur sous-sinusienne inférieure à 5 mm
=> Voie latérale en deux temps. Temps de cicatrisation : 10 mois pour la greffe et 4 mois pour les implants

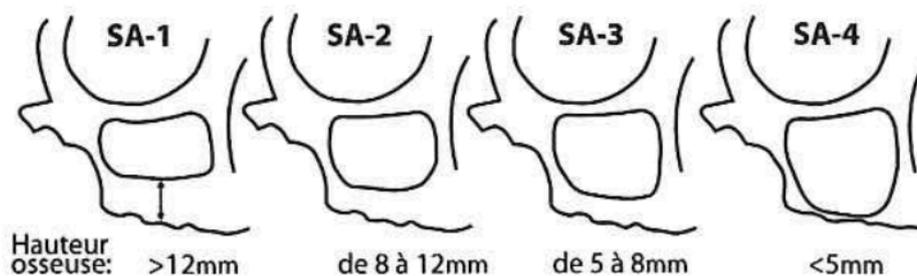


Figure 18 : Schéma de la classification de Misch (1990)

Les délais de cicatrisation et les HSS décrites par Misch ont tendance à diminuer avec les évolutions récentes des substituts osseux, des profils et des revêtements implantaires. L'augmentation par voie crestale est une technique sûre pour les défauts osseux **localisés**, dans la région maxillaire postérieure, en présence d'une **hauteur minimale d'os résiduel** ¹⁶⁹, pour de **faibles augmentations du volume osseux** ^{170,171}. Le pronostic est meilleur, si la crête résiduelle est au **minimum de 5 mm** ^{172,173,174}. L'accès latéral est indiqué pour des **augmentations osseuses plus importantes**, en général pour une hauteur osseuse résiduelle **< 4-5 mm** ^{172,175,176}. Son indication se fait aussi pour une hauteur osseuse résiduelle de **4 mm ou moins** ; elle est toutefois réservée à des chirurgiens expérimentés ^{177,178}.

3. Avantages / Inconvénients

Les SDI et les NDI sont une alternative attrayante et fiable pour la prise en charge des insuffisances osseuses. Ils présentent plusieurs avantages^{218,230,233,235,250,259}. Les SDI et NDI permettent une prise en charge simplifiée des édentements postérieurs^{218,249,235,168}. Ils réduisent les procédures chirurgicales, le temps et le coût du traitement, les risques et complications associés, évitent l'apparition de troubles de la sensation et l'inconfort du patient. Ils permettent une thérapie accessible à un grand nombre de patients et praticiens.

4. Succès / Morbidité

D'une manière générale, les échecs implantaires sont plus fréquents au niveau du maxillaire que de la mandibule^{260,259} ; de même que le taux de survie d'un édentement postérieur est moindre que les autres, en raison de la morphologie osseuse, de la qualité osseuse (D3-D4) et des conditions de surcharge occlusales^{261,262}. L'origine des échecs tient le plus souvent au manque de stabilité primaire^{263,264}.

Au début des années 2000, les SDI et NDI présentaient un taux de survie moindre et un risque d'échec plus élevé que les implants standards^{179,265,266}. Ils étaient donc réservés à certaines indications^{260,267,268}. Récemment, la corrélation entre échec implantaire et SDI a été contestée dans plusieurs études^{9,218,233,255}. Leur taux de survie (< 8,5 mm) est similaire aux implants longs^{3,169,248,269}. A long terme (3-7 ans), le taux de survie des SDI (\leq 8,5 mm) est compris entre 96 et 100 %^{249,270,251,271,233}. La survie à long terme des SDI reste subjective en raison de résultats variés dus à la définition subjective et évolutive des implants courts^{246,251,269,272}. Beaucoup d'études considèrent les implants courts pour une longueur inférieure à 10 mm, et peu d'études incluent les implants de 7 mm ou moins^{273,274}. Il en est de même pour la survie à long terme des NDI. Le taux de survie implantaire des NDI de catégorie 3 ne présente pas de différence significative (OR = 1,16²³⁰) avec des implants *regular*²⁷⁵. Il est compris entre 88,9 % et 100 %²³⁰. Le taux de résorption osseuse est similaire entre NDI et implant *regular*. Pour des implants de même longueur, ceux qui ont un diamètre étroit ont des taux de succès moindres^{247,276}, d'autant plus s'ils sont soumis à des charges occlusales élevées²⁷⁷, alors que le taux de survie initial des SDI pour les édentements de classe III en secteur postérieur est élevé et indépendant de la surface, la géométrie ou la largeur de l'implant²³⁵. Les implants courts et larges permettent un résultat prédictible²⁵⁹.

De multiples paramètres influent sur le taux de survie implantaire et la réussite du traitement : clinique, chirurgical, prothétique. Il existe plusieurs facteurs de risque influant potentiellement sur le taux de survie implantaire : densité osseuse, longueur, diamètre, type d'implant, ratio couronne/implant, type de prothèses, connexion entre implants, charges occlusales ou para-fonctionnelles. La mise en évidence de lien direct avec le taux de survie implantaire n'a pas été établie actuellement.

e. Complications

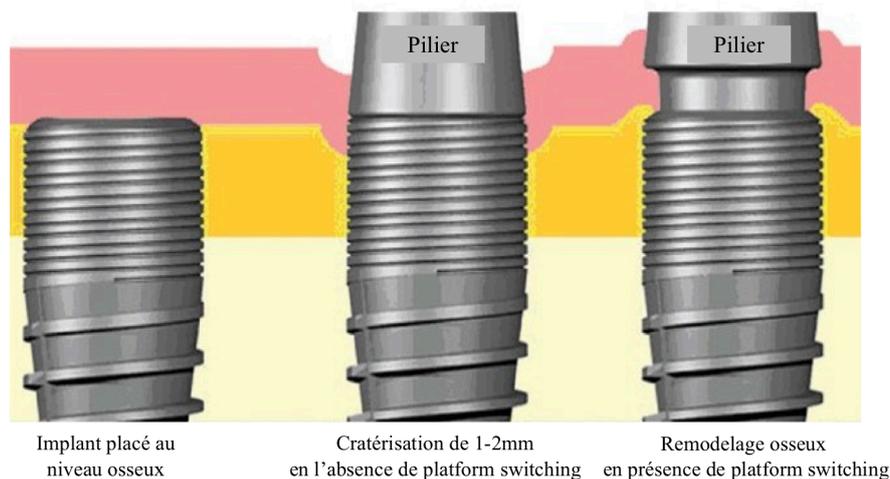
Les complications sont multiples : hémorragie, épistaxis, rhinorrhée, éternuements en salve, sinusite, céphalées et vertiges paroxystiques positionnels bénins, perforation de la membrane avec risque de projection particulaire dans le sinus, fragilisation de la membrane, fissure ou fracture d'une table osseuse, expulsion d'un implant dans le sinus, insuffisance du comblement sinusien^{195,218,219,220}. La perforation de la membrane est l'une des complications les plus fréquentes, souvent en relation avec une hauteur résiduelle d'os faible²²¹. Les suites opératoires et complications sont majorées chez le fumeur. Les variations barostatiques (pratique sportive comme le parachutisme, la plongée) sont déconseillées après la chirurgie afin de permettre une régénération osseuse. La plupart des complications peuvent être évitées en respectant les règles suivantes :

- Vérification de la stabilité primaire et contrôle de l'enfouissement de l'implant. En cas d'absence, différer l'intervention ou mettre un implant de diamètre supérieur
- Favoriser une chirurgie avec lambeau, la moins traumatique possible, suffisamment large pour passer les curettes et respecter les septa
- Analyser l'angulation entre les parois vestibulaire et palatine (angle plus aigu au niveau prémolaire) et élévation minutieuse de la membrane sinusienne afin de préserver son intégrité.

III. Implants courts, Implants étroits

1. Présentation

L'évolution de la géométrie (macrotopographie) et de l'état de surface (microtopographie) implantaire a été importante ces dernières années. Les implants lames ou aiguilles ont été abandonnés, au profit d'implants endo-osseux de forme cylindrique ou cylindro-conique. Le concept de platform switching s'est généralisé afin d'optimiser l'espace biologique péri-implantaire (1,5 mm)²²² permettant l'attache épithélio-conjonctive, et la préservation de l'os créal²²³. Les surfaces implantaires microstructurées par sablage ou mordançage à haute pression, avec une forte rugosité de surface et une structure poreuse homogène, permettent une meilleure mouillabilité, par rapport à des surfaces lisses ou mordancées à basse température^{224, 225, 226}. Elles favorisent la fixation de fibrine, la migration, la prolifération et la différenciation ostéoblastique à la surface implantaire²²⁷, et un couple de dévissage plus élevé que des implants de faible rugosité²²⁸. Les implants actuels, considérés comme standards, présentent une longueur moyenne de 10 mm²²⁹ et un diamètre moyen $\leq 3,5$ mm²³⁰. Les implants courts (*Short dental implant* ou SDI) ou étroits (*Narrow dental implant* ou NDI) ont été développés pour simplifier le placement d'implants dans des situations alvéolaires réduites. Ils évitent l'interférence avec les structures anatomiques, le respect des distances de sécurité implantaire^{231, 232}, et minimisent le traumatisme chirurgical et les risques associés, afin de réduire la morbidité de techniques chirurgicales avancées²³³. **Actuellement, un implant est considéré court pour une taille $\leq 8,5$ mm, et étroit pour un diamètre $\leq 3,5$ mm. Les implants courts et les implants étroits sont une alternative prédictible à la thérapeutique implant standard associée à un comblement sinusal**^{234, 235, 236, 237}.



*Figure 19 : Schéma illustrant l'intérêt du concept de platform switching*²³⁸

Les modifications des profils implantaires (taille, nombre, forme et profondeur des spires, la forme et section du filetage) et de traitement de surface ont permis d'améliorer la survie implantaire des SDI et NDI^{229, 239}, avec une diminution du stress osseux.

La répartition des forces occlusales dépend aussi de la forme de la crête osseuse et de la localisation du site implantaire^{15, 240}. La microstructure de la surface implantaire joue un rôle important dans la nutrition vasculaire et l'ostéointégration dans un système biologique réduit. L'ostéointégration est le terme clinique qui décrit l'ancrage osseux stable à long terme des implants destinés à supporter des éléments prothétiques²⁴¹. Les deux mécanismes essentiels pour sa réussite sont le contact direct implant-os et la vascularisation osseuse²⁴². La stabilité secondaire est obtenue au cours de l'ostéointégration³⁸. Le respect d'un hiatus implant/os ≤ 1 mm, joue un rôle important dans l'implantation immédiate^{243, 244}.



Figure 20 : Chronologie de l'évolution de la notion « d'implant court » ^{229, 245,246,247,248,249}

2. Indications

Les SDI et NDI sont intéressants pour la réhabilitation de **patients âgés** et de **patients à risque médical élevé**. Ils sont indiqués selon le volume d'os disponible et le projet prothétique ^{233,250,251}. Leur indications restent peu claires et nécessitent d'autres études ¹⁶⁸.

Les implants courts ($\leq 8\text{mm}$) sont indiqués pour une **hauteur alvéolaire diminuée en secteur postérieur maxillaire et mandibulaire** ^{251,252,253,254}. L'utilisation des SDI de 6 à 8,5 mm est particulièrement intéressante en cas d'**atrophie sévère du maxillaire** en tant qu'alternative à des chirurgies lourdes^{233,248,250,255}, ainsi qu'**en cas de risque hémorragique, de pathologies sinusiennes chroniques, d'involution du sinus** ¹⁶⁸. Il est préférable d'utiliser des **SDI de diamètre large**, en présence de largeur crestale suffisante, pour obtenir une même surface fonctionnelle que les implants longs. Les SDI larges sont indiqués dans les secteurs postérieurs pour une **crête résiduelle avec une hauteur minimale acceptée (8 mm) et une largeur de crête correcte (6 mm)** ²⁴⁹. Les SDI permettent de supporter des couronnes unitaires et des prothèses fixées de 2-4 unités supportées par 2-3 implants ²⁵⁰.

Les implants de diamètre réduit sont indiqués en cas de **largeur de crête réduite** ou d'**espaces inter-dentaires ou inter-implants faibles**, surtout dans la région prémolaire ou incisive. Ils permettent la **rétenion d'appareil complet** ^{256,257}. Les indications se précisent selon la classification de KLEIN des NDI :

- Catégorie 1 « mini-implant » : $\emptyset < 3\text{ mm}$: atrophie sévère maxillaire ou mandibulaire pour l'édentement complet, implant unitaire non soumis aux surcharges occlusales
- Catégorie 2 : $\emptyset 3-3,25\text{ mm}$: implant unitaire non soumis aux surcharges occlusales, surtout pour les espaces inter-dentaires antérieurs maxillaires ou mandibulaires
- Catégorie 3 : $\emptyset 3,3-3,5\text{ mm}$: régions postérieures soumises aux charges occlusales

La catégorie 1 présente des performances inférieures aux implants *regular*, alors que les taux de survie des catégories 2 et 3 ne présentent pas de différence avec les implants *regular* ²⁵⁸.

3. Avantages / Inconvénients

Les SDI et les NDI sont une alternative attrayante et fiable pour la prise en charge des insuffisances osseuses. Ils présentent plusieurs avantages ^{218,230,233,235,250,259}. Les SDI et NDI permettent une prise en charge simplifiée des édentements postérieurs ^{168,218,235,249}. Ils réduisent les procédures chirurgicales, le temps et le coût du traitement, les risques et complications associés, évitent l'apparition de troubles de la sensation et l'inconfort du patient. Ils permettent une thérapie accessible à un grand nombre de patients et praticiens.

4. Succès / Morbidité

D'une manière générale, les échecs implantaires sont plus fréquents au niveau du maxillaire que de la mandibule^{259,260} ; de même que le taux de survie d'un édentement postérieur est moindre que les autres, en raison de la morphologie osseuse, de la qualité osseuse (D3-D4) et des conditions de surcharge occlusales^{261,262}. L'origine des échecs tient le plus souvent au manque de stabilité primaire^{263,264}.

Au début des années 2000, les SDI et NDI présentaient un taux de survie moindre et un risque d'échec plus élevé que les implants standards^{179,265,266}. Ils étaient donc réservés à certaines indications^{260,267,268}. Récemment, la corrélation entre échec implantaire et SDI a été contestée dans plusieurs études^{9,218,233,255}. Leur taux de survie (< 8,5 mm) est similaire aux implants longs^{3,169,248,269}. A long terme (3-7 ans), le taux de survie des SDI ($\leq 8,5$ mm) est compris entre 96 et 100 %^{233, 249,251,270,271}. La survie à long terme des SDI reste subjective en raison de résultats variés dus à la définition subjective et évolutive des implants courts^{246,251,269,272}. Beaucoup d'études considèrent les implants courts pour une longueur inférieure à 10 mm, et peu d'études incluent les implants de 7 mm ou moins^{273,274}. Il en est de même pour la survie à long terme des NDI. Le taux de survie implantaire des NDI de catégorie 3 ne présente pas de différence significative (OR = 1,16²³⁰) avec des implants *regular*²⁷⁵. Il est compris entre 88,9 % et 100 %²³⁰. Le taux de résorption osseuse est similaire entre NDI et implant *regular*. Pour des implants de même longueur, ceux qui ont un diamètre étroit ont des taux de succès moindres^{247,276}, d'autant plus s'ils sont soumis à des charges occlusales élevées²⁷⁷, alors que le taux de survie initial des SDI pour les édentements de classe III en secteur postérieur est élevé et indépendant de la surface, la géométrie ou la largeur de l'implant²³⁵. Les implants courts et larges permettent un résultat prédictible²⁵⁹.

De multiples paramètres influent sur le taux de survie implantaire et la réussite du traitement : clinique, chirurgical, prothétique. Il existe plusieurs facteurs de risque influant potentiellement sur le taux de survie implantaire : densité osseuse, longueur, diamètre, type d'implant, ratio couronne/implant, type de prothèses, connexion entre implants, charges occlusales ou para-fonctionnelles. La mise en évidence de lien direct avec le taux de survie implantaire n'a pas été établie actuellement.

Dans la littérature, les taux de survie implantaire en fonction de la longueur et du diamètre des implants sont hétérogènes. Actuellement, les auteurs semblent d'accord pour mettre en évidence **un taux de survie similaire entre implants courts/étroits et standards.**

5. Complications

Les SDI et NDI présentent des complications similaires aux implants standards : absence d'ostéointégration de l'implant, péri-implantite. Les risques d'échec sont liés aux propriétés mécaniques entre les connexions et la prothèse (fragilité des vis)¹⁷⁹ ; mais pour contourner cela, les industriels ont développé d'autres modalités de connexions qui limitent ces risques : par exemple pour les SDI : le *TwinKon*[®] 4X4 (GlobalD) qui présente implant et pilier en un bloc, ou le *Standard Plus Short*[®] (Straumann), et pour les NDI : le NobelActive 3.0 (NobelBicare) ou le Axiom[®] BL 2.8 (Anthogyr).

IV. Conclusion

Au travers de la présentation des différentes stratégies thérapeutiques disponibles pour la gestion des défauts osseux des secteurs postérieurs maxillaires, nous constatons qu'il est impossible d'établir un consensus. L'ensemble de cette analyse nous permet toutefois de proposer une aide à la décision sous forme d'organigramme, que nous présenterons dans la troisième partie.

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour la réhabilitation implantaire des patients. Les critères suivants doivent être respectés et mis en balance pour le bénéfice du patient : rapport coût / efficacité raisonnable, durée de l'intervention correcte, procédure simple, résultats prévisibles²⁵⁰. Plusieurs facteurs de risque pourraient influencer la réussite implantaire¹⁸⁵ : l'élévation sinusienne, la longueur de l'implant et son diamètre, les indications, la localisation, la séquence d'implantation, l'augmentation osseuse en un ou deux temps, le type de cicatrisation. Actuellement, le comblement sinusien ou l'utilisation d'implants courts (<10mm) ou étroits ne peuvent être considérés comme étant des facteurs de risque de l'échec implantaire au niveau du maxillaire postérieur¹⁸⁵. L'étude des autres facteurs de risque est également importante, car l'échec implantaire des implants maxillaires postérieurs est en augmentation, en étroite relation avec une multiplication des procédures implantaires.

L'objectif de ces différentes stratégies de réhabilitation est commun : **c'est la préservation et le respect des volumes osseux**. Les techniques sont souvent associées pour obtenir des résultats convenables.

L'avancée scientifique conduit à aborder le traitement des défauts osseux maxillaires postérieurs avec des procédures chirurgicales toujours moins invasives. Les SDI et les NDI sont un bon exemple, car ils permettent des protocoles chirurgicaux simplifiés.

Les évolutions des techniques de bio-ingénierie permettront des avancées dans le domaine de l'odontologie. L'ingénierie tissulaire étudie la formation de complexes biologiquement actifs, constitués de cellules, de molécules bioactives au sein d'une matrice support. Ces techniques devraient conduire à optimiser la régénération osseuse en s'appuyant sur l'ostéoinduction directe²⁷⁸. Ces procédures ne sont pas encore suffisamment testées cliniquement pour valider leur utilisation en pratique quotidienne, mais elles font l'objet de nombreux travaux expérimentaux.

3^{ème} PARTIE – Synthèse

I. Présentation

La sélection des articles ci-dessous a été stricte pour la qualité de l'information et les innovations dans le domaine. Nous avons sélectionné des revues et des méta-analyses, qui représentent les articles du plus haut niveau de preuve scientifique (Niveau A), datant de moins de 5ans. Le dernier type d'article qui permet d'analyser plusieurs méthodes en même temps est la méta-analyse « de réseaux ». Par exemple, pour mesurer l'efficacité de 3 méthodes A, B, C, elle compare A et B, puis A et C, et enfin B et C. Le niveau de preuve est élevé et la technique d'analyse très intéressante.

Nous soulignons que chaque étude présente des limites et des risques de biais, notamment sur :

- Le type d'étude : très souvent rétrospective, ce qui entraîne une perte de données
- La taille des échantillons (souvent trop faible) et leur homogénéité,
- La randomisation : absente selon les études,
- Le double aveugle : difficile à mettre en place,
- La perte de données : dossier du patient incomplet, mesures impossibles,
- L'étude de paramètres limités,
- L'absence d'études de potentiels facteurs de risque,
- Le niveau de preuve des articles inclus dans les méta-analyses qui excluent souvent les études à court terme de haut niveau de preuve.

Les résultats doivent toujours être interprétés avec précaution. Le praticien doit les analyser et en déduire les conclusions appropriées.

Les facteurs de risque potentiels influant sur la survie implantaire sont : ASA, tabagisme, habitudes nocives, densité osseuse, hauteur de crête résiduelle, BBP, antécédent de reconstruction osseuse^{137,279}. Pour identifier la méthode la plus efficace pour la réhabilitation de crêtes résiduelles postérieures maxillaires, plusieurs facteurs de risque potentiels sont à étudier : diamètre de l'implant, utilisation d'une membrane, type de substitut, système implantaire, forme de l'implant, surface de l'implant, temps de mise en charge, édentement partiel ou complet, inclusion des fumeurs. Il est souvent difficile, voire impossible, d'étudier l'ensemble de ces facteurs de risque en même temps.

Le taux de survie et le taux de réussite sont deux notions distinctes. La survie d'un implant correspond à son ostéointégration. La réussite est l'obtention d'une réhabilitation fonctionnelle et esthétique adaptée au patient. La survie d'un implant n'est pas forcément associée à la réussite du traitement. Un implant peut être parfaitement ostéointégré sans pour autant être esthétique ou fonctionnel. Les auteurs des articles ont tendance à parler de la survie et non de la réussite. La plupart des articles n'étudient pas le type de prothèse implantaire réalisée suite à l'ostéointégration implantaire. Quand on parle d'échec implantaire, c'est généralement en l'absence d'ostéointégration ou de complications nécessitant la dépose de l'implant.

II. Études récentes sur le choix des stratégies thérapeutiques

Dans le cadre de la réhabilitation du maxillaire postérieur, **l'indication de comblement sinusien par abord latéral ou crestal, ou de SDI n'est pas équivalente**¹⁶⁸. Le traitement de choix doit se faire sur une **évaluation attentive**, notamment en présence d'os résiduel faible. L'abord latéral et l'abord crestal sont des techniques efficaces et très bien documentées pour la réhabilitation d'atrophies maxillaires postérieures. L'utilisation des implants courts est prometteuse, mais nécessite plus d'investigations pour la considérer équivalente aux autres techniques, à long terme.

Pour les patients présentant une crête résiduelle intermédiaire de 4-8 mm de haut, **la réussite du comblement sinusien crestal combiné avec des implants courts ou longs, placés avec ou sans greffe osseuse, ou seulement le placement de SDI, semble supérieure au placement d'implants longs combiné avec un comblement sinusien latéral et une greffe osseuse**¹³. De plus, l'abord latéral ne semble pas être une option adaptée du fait du prix élevé et du taux de complications pour la réhabilitation de hauteur résiduelle osseuse intermédiaire. **Les SDI apparaissent comme étant plus efficaces et entraînent moins de complications que les implants standard placés dans des blocs osseux**⁶⁹. Les SDI répondent aux preuves scientifiques, aux demandes du patient (minimum de complications et prix), et ne requièrent pas d'expérience importante. La réhabilitation la plus efficace pour les crêtes résiduelles de hauteur intermédiaire 4-8mm n'est pas établie. Globalement, si la hauteur est :

- **< 4 mm : la greffe sinusienne semble inévitable**
- **4-8 mm : choix entre SDI et implants standard associés au *sinus lift*.**

Le **bloc osseux** et la **ROG** permettent d'obtenir un volume osseux adéquat et une stabilité pour l'insertion des implants en cas de défauts maxillaires postérieurs horizontaux. Dans le cadre de reconstructions horizontales de crêtes maxillaires déficientes, il résulte que¹⁰⁴ :

- Le **taux de résorption** des sites augmentés est **significativement moindre par bloc d'apposition que par ROG** ($p > 0,001$),
- Le **gain osseux horizontal** après cicatrisation est **significativement meilleur par ROG** ($p = 0,002$) **que par greffe de bloc** ($p = 0,005$).

La comparaison de l'efficacité entre le **bloc osseux** et la **distraction alvéolaire ostéogène** en présence d'insuffisance osseuse verticale donne les résultats suivants²⁸¹ :

- **Absence de différence significative entre bloc osseux et distraction alvéolaire** en termes de gain osseux et de résorption osseuse,
- **La greffe de bloc et la distraction alvéolaire semblent plus avantageuses que la ROG** concernant le gain osseux, la résorption et le taux de succès implantaire.

Les études récentes **ne permettent pas de déterminer une technique plus efficace qu'une autre pour la régénération osseuse verticale et horizontale**⁶⁹. Des lignes directrices ressortent⁶⁹ :

- **L'efficacité des PRP n'est pas avérée**
- **Les vis en titane sont préférables** aux vis résorbables en polymères d'acide lactique (PLA)
- **Certains substituts osseux entraînent moins de complications et de douleurs que l'os autogène prélevé.** Les substituts osseux comme le Bio-oss block sont validés et présentent une alternative moins onéreuse que l'os autogène, surtout si le site est extraoral. Ils permettent de diminuer la morbidité post-opératoire.

III. Tableau de synthèse

Indications		Succès	
TECHNIQUES DE REGENERATION OSSEUSE	<u>Bloc osseux</u>	Insuffisance osseuse verticale ou transversale , d'étendue moyenne à sévère <ul style="list-style-type: none"> • <i>Bilayering technique</i> : Déficit osseux crestal et sinusien, faible à modéré • <i>Split Bone Block</i> : Déficit osseux étendu dans le sens transversal et/ou vertical • <i>Bone core</i> : Déficit osseux vestibulaire/palatin limité, de faible étendue 	- Technique sûre, prévisible, stable à long terme - Gain horizontal de 4-6 mm
	<u>ROG</u>	Déficit osseux localisé dans le sens transversal ou vertical	- Gain horizontal de 1,37 à 6 mm - Gain vertical moyen de 5 mm
	<u>Distraction alvéolaire</u>	Déficit osseux vertical ou horizontal conséquent	- Prédicibilité et fiabilité élevées - Gain vertical de 2,56 mm à 10 mm, et en moyenne de 4,91 mm
	<u>Expansion crestale transversale</u>	Insuffisance osseuse transversale	- Taux de survie et succès élevés - Gain de 4 à 5,5 mm d'épaisseur sur une longueur de 40 mm
	<u>Comblement sinusien</u>	Insuffisance osseuse verticale <ul style="list-style-type: none"> • Voie crestale : Déficit osseux localisé pour une hauteur de crête > 4-5 mm • Voie latérale : Déficit osseux important pour une hauteur de crête < 4-5 mm Patients âgés, patients à risque médical élevé	- Technique sûre et efficace - Taux de survie et succès élevés - Succès indépendant du choix du substitut et de l'abord chirurgical
IMPLANTS COURTS IMPLANTS ETROITS	<ul style="list-style-type: none"> • SDI : Insuffisance osseuse verticale SDI large si dimensions crestales minimum : H = 8 mm, L = 6 mm - Atrophie sévère du maxillaire - Pathologie sinusienne chronique, Involution du sinus. - Rétention de PAC, Couronne unitaire, PF petite étendue • NDI : Insuffisance osseuse horizontale - Espace inter-dentaire ou inter-implantaire insuffisant - Rétention de PAC, Couronne unitaire, PF multiple selon la catégorie 	- Taux de survie similaire aux implants standard	

Tableau 5 : Tableau synthétique des indications et succès des différentes stratégies thérapeutiques

PAC : *prothèse amovible complète* ; PF : *prothèse fixe*

IV. Organigramme décisionnel

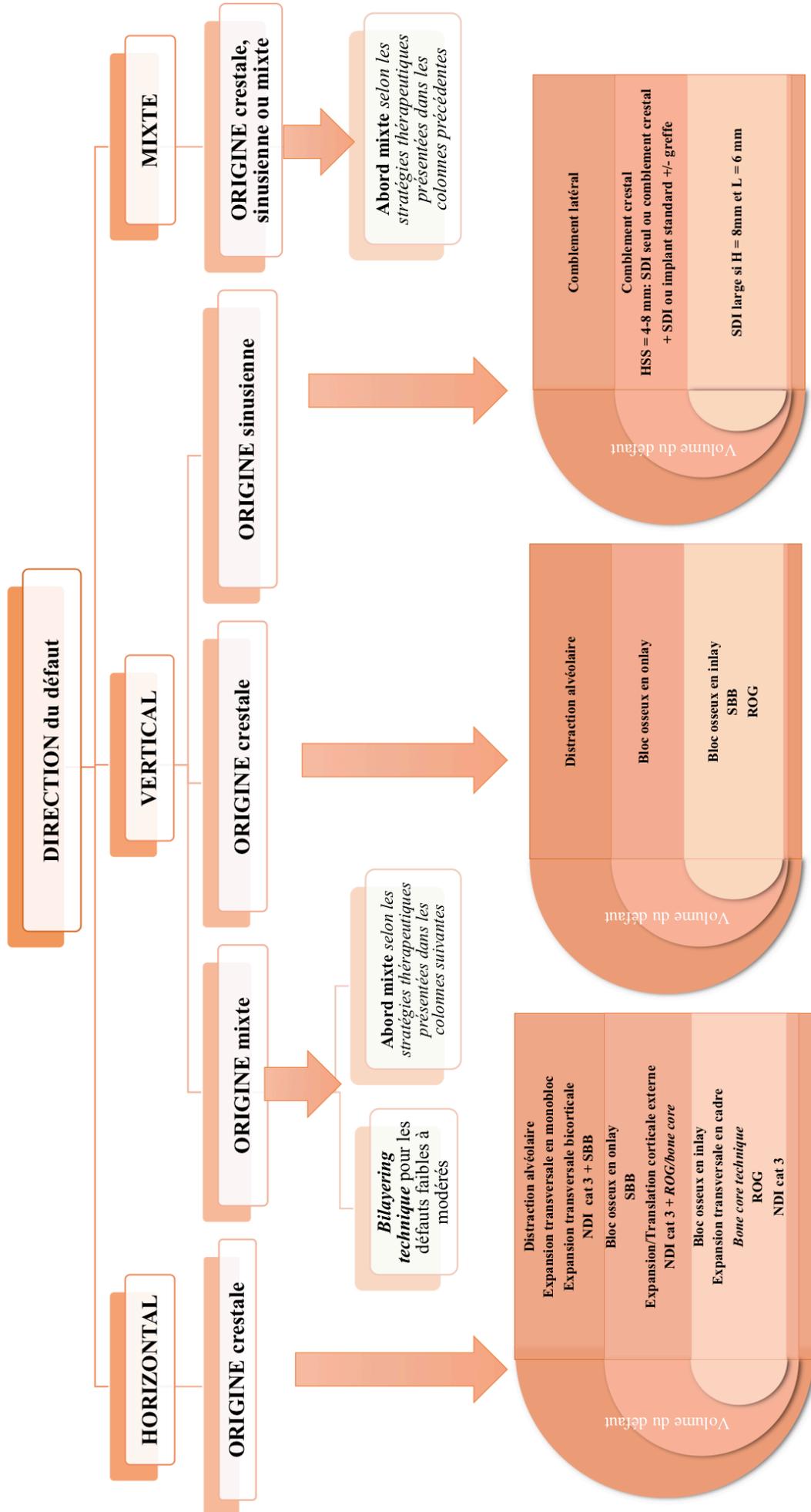


Figure 21 : Organigramme décisionnel synthétique de la gestion des défauts osseux postérieurs maxillaires

V. Conclusion

Les méta-analyses sont très intéressantes du fait de leur niveau de preuve élevé, et de la taille des échantillons. Les conclusions qui en découlent sont souvent insuffisantes pour établir des indications précises. Les revues couvrent généralement des échantillons plus petits, mais permettent d'avoir des résultats clairs et des indications plus précises.

Cette dernière partie nous permet de mettre en évidence la difficulté à déterminer un consensus concernant la gestion des défauts osseux postérieurs maxillaires. Les indications sont multiples, les techniques sont nombreuses, les substituts osseux et les biomatériaux sont variés, ainsi que leurs combinaisons possibles, ce qui complique l'analyse. Des études plus larges et bien menées sont nécessaires pour déterminer des indications plus précises et voir s'il existe une technique plus efficace que les autres. Des lignes directrices peuvent néanmoins être établies. Les interventions doivent être sûres, simples à mettre en œuvre, entraîner le moins de risque de complications et atteindre leur objectif dans un minimum de temps.

Les techniques de régénération osseuse du maxillaire postérieur sont multiples. Le choix de l'une par rapport à une autre dépend du cas clinique, des motivations du patient, de la réflexion du praticien et de nombreux facteurs que nous avons cités tout au long de notre revue de littérature. Les cliniciens et patients doivent toujours évaluer attentivement les bénéfices et les risques en relation avec les résultats, lors du choix des techniques d'augmentation osseuse.

La synthèse et l'organigramme que nous avons établis sont des outils d'aide à la décision thérapeutique pour la gestion des défauts osseux maxillaires postérieurs.

Bibliographie

1. Conditions de réalisation des actes d'implantologie orale - HAS.
2. Schmidlin, P. R., Jung, R. E. & Schug, J. [Prevention of alveolar ridge resorption after tooth extraction--a review]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* **114**, 328–336 (2004).
3. Morand, M. & Irinakis, T. The challenge of implant therapy in the posterior maxilla: providing a rationale for the use of short implants. *J Oral Implantol* **33**, 257–266 (2007).
4. Aquilino, S. A., Shugars, D. A., Bader, J. D. & White, B. A. Ten-year survival rates of teeth adjacent to treated and untreated posterior bounded edentulous spaces. *J Prosthet Dent* **85**, 455–460 (2001).
5. Fueki, K., Kimoto, K., Ogawa, T. & Garrett, N. R. Effect of implant-supported or retained dentures on masticatory performance: a systematic review. *J Prosthet Dent* **98**, 470–477 (2007).
6. Zhen, F., Fang, W., Jing, S. & Zuolin, W. The use of a piezoelectric ultrasonic osteotome for internal sinus elevation: a retrospective analysis of clinical results. *Int J Oral Maxillofac Implants* **27**, 920–926 (2012).
7. Tonetti, M. S., Hämmerle, C. H. F. & 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.* **35**, 168–172 (2008).
8. Rickert, D., Vissink, A., Slater, J. J. R. H., Meijer, H. J. A. & Raghoobar, G. M. Comparison between conventional and piezoelectric surgical tools for maxillary sinus floor elevation. A randomized controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* **15**, 297–302 (2013).
9. Zinser, M. J., Randelzhofer, P., Kuiper, L., Zöller, J. E. & De Lange, G. L. The predictors of implant failure after maxillary sinus floor augmentation and reconstruction: a retrospective study of 1045 consecutive implants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* **115**, 571–582 (2013).
10. Carr, A. B., Choi, Y.-G., Eckert, S. E. & Desjardins, R. P. Retrospective cohort study of the clinical performance of 1-stage dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* **18**, 399–405 (2003).
11. Olson, J. W., Dent, C. D., Morris, H. F. & Ochi, S. Long-term assessment (5 to 71 months) of endosseous dental implants placed in the augmented maxillary sinus. *Ann. Periodontol.* **5**, 152–156 (2000).
12. Boutault, F., Paoli, J.-R. & Lauwers, F. Reconstruction chirurgicale des pertes de substance des maxillaires. *EMC - Stomatologie* **1**, 231–253 (2005).
13. Al-Moraissi, E. A. *et al.* What Is the Most Effective Rehabilitation Method for Posterior Maxillas With 4 to 8 mm of Residual Alveolar Bone Height Below the Maxillary Sinus With Implant-Supported Protheses? A Frequentist Network Meta-Analysis. *J. Oral Maxillofac. Surg.* (2018). doi:10.1016/j.joms.2018.08.009
14. Gaudy, J.-F., Cannas, B., Gillot, L., Charrier, J.-L. & Vacher, C. *Atlas d'anatomie implantaire.* (Elsevier Masson, 2011).
15. Sharan, A. & Madjar, D. Maxillary sinus pneumatization following extractions: a radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants* **23**, 48–56 (2008).
16. Dargaud, J., Cotton, F., Buttin, R. & Morin, A. [The maxillary sinus: evolution and function in aging]. *Morphologie* **87**, 17–22 (2003).
17. Tikku, T., Khanna, R., Sachan, K., Srivastava, K. & Munjal, N. Dimensional changes in maxillary sinus of mouth breathers. *J Oral Biol Craniofac Res* **3**, 9–14 (2013).
18. Holton, N., Yokley, T. & Butaric, L. The Morphological Interaction Between the Nasal Cavity and Maxillary Sinuses in Living Humans. *The Anatomical Record* **296**, 414–426 (2013).

19. Butaric, L. N. Differential Scaling Patterns in Maxillary Sinus Volume and Nasal Cavity Breadth Among Modern Humans. *The Anatomical Record* **298**, 1710–1721 (2015).
20. Asaumi, R. *et al.* Understanding the formation of maxillary sinus in Japanese human foetuses using cone beam CT. *Surg Radiol Anat* **32**, 745–751 (2010).
21. Kamina, P. *Anatomie clinique*. (Maloine, 2006).
22. Arijji, Y., Kuroki, T., Moriguchi, S., Arijji, E. & Kanda, S. Age changes in the volume of the human maxillary sinus: a study using computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* **23**, 163–168 (1994).
23. Gerstenfeld, L. C. *et al.* Chondrocytes provide morphogenic signals that selectively induce osteogenic differentiation of mesenchymal stem cells. *J. Bone Miner. Res.* **17**, 221–230 (2002).
24. Arijji, Y., Arijji, E., Yoshiura, K. & Kanda, S. Computed tomographic indices for maxillary sinus size in comparison with the sinus volume. *Dentomaxillofac Radiol* **25**, 19–24 (1996).
25. Srouji, S. *et al.* The Schneiderian membrane contains osteoprogenitor cells: in vivo and in vitro study. *Calcif. Tissue Int.* **84**, 138–145 (2009).
26. Shiki, K. *et al.* The significance of cone beam computed tomography for the visualization of anatomical variations and lesions in the maxillary sinus for patients hoping to have dental implant-supported maxillary restorations in a private dental office in Japan. *Head & Face Medicine* **10**, (2014).
27. Seban, A. & Bonnaud, P. *Pratique clinique des greffes osseuses et implants: modalités thérapeutiques et prise en charge des complications*. (Elsevier Masson, impr. 2012, 2012).
28. Seriwatanachai, D. Reference and Techniques used in Alveolar Bone Classification. *JBR Journal of Interdisciplinary Medicine and Dental Science* **03**, (2015).
29. Norton, M. R. & Gamble, C. Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clinical Oral Implants Research* **12**, 79–84 (2001).
30. Shahlaie, M., Gantes, B., Schulz, E., Riggs, M. & Crigger, M. Bone density assessments of dental implant sites: 1. Quantitative computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants* **18**, 224–231 (2003).
31. Martinez, H., Renault, P. & Renault, G. *Les implants: chirurgie et prothèse choix thérapeutique stratégique*. (Éd. CdP, 2008).
32. Park, H.-S., Lee, Y.-J., Jeong, S.-H. & Kwon, T.-G. Density of the alveolar and basal bones of the maxilla and the mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **133**, 30–37 (2008).
33. Ulm, C. *et al.* Characteristic features of trabecular bone in edentulous maxillae. *Clin Oral Implants Res* **10**, 459–467 (1999).
34. Bertl, K. *et al.* Micro-CT evaluation of the cortical bone micro-architecture in the anterior and posterior maxilla and the maxillary sinus floor. *Clinical Oral Investigations* (2018). doi:10.1007/s00784-018-2573-0
35. Misch, C. E. *Dental Implant Prosthetics*. (Elsevier Health Sciences, 2004).
36. Seibert, J. S. Reconstruction of deformed, partially edentulous ridges, using full thickness onlay grafts. Part I. Technique and wound healing. *Compend Contin Educ Dent* **4**, 437–453 (1983).
37. Santoni, P. & Mariani, P. *Maîtriser la prothèse amovible partielle*. (Éditions CdP, 2004).
38. Khoury, F., Keller, P. & Tarnow, D. P. *Greffe osseuse en implantologie*. (Quintessence international, 2010).
39. Nefussi, J. R. *et al.* Biology and physiology of the implant bone site. *Proceedings of the Bone augmentation in oral implantology.: Quintessence Books* 1–27 (2007).
40. Carlsson, G. E. & Persson, G. Morphologic changes of the mandible after extraction and wearing of dentures. A longitudinal, clinical, and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Odontol Revy* **18**, 27–54 (1967).

41. Cardaropoli, G., Araújo, M. & Lindhe, J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. *Journal of Clinical Periodontology* **30**, 809–818 (2003).
42. Cawood, J. I. & Howell, R. A. Reconstructive preprosthetic surgery. I. Anatomical considerations. *Int J Oral Maxillofac Surg* **20**, 75–82 (1991).
43. Tenenbaum, H. Péri-implantites. <http://www.em-premium.com.lama.univ-amu.fr/data/traites/mb/28-57211/> (2016).
44. Morjaria, K. R., Wilson, R. & Palmer, R. M. Bone healing after tooth extraction with or without an intervention: a systematic review of randomized controlled trials. *Clin Implant Dent Relat Res* **16**, 1–20 (2014).
45. Iocca, O., Farcomeni, A., Lopez, S. P. & Talib, H. S. Alveolar ridge preservation after tooth extraction: a Bayesian Network meta-analysis of grafting materials efficacy on prevention of bone height and width reduction. *Journal of Clinical Periodontology* **44**, 104–114 (2017).
46. Johner, R. [Dependence of bone healing on defect size]. *Helv Chir Acta* **39**, 409–411 (1972).
47. Araújo, M. G. & Lindhe, J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology* **32**, 212–218 (2005).
48. Duncan, R. L. Transduction of mechanical strain in bone. *ASGSB Bull* **8**, 49–62 (1995).
49. Duncan, R. L. & Turner, C. H. Mechanotransduction and the functional response of bone to mechanical strain. *Calcif. Tissue Int.* **57**, 344–358 (1995).
50. Lanyon, L. E. The success and failure of the adaptive response to functional load-bearing in averting bone fracture. *Bone* **13 Suppl 2**, S17–21 (1992).
51. Turner, C. H. Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli. *Bone* **23**, 399–407 (1998).
52. Urist, M. R. Bone: formation by autoinduction. *Science* **150**, 893–899 (1965).
53. Morjaria, K. R., Wilson, R. & Palmer, R. M. Bone Healing after Tooth Extraction with or without an Intervention: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* **16**, 1–20 (2014).
54. Cook, S. D. Preclinical and clinical evaluation of osteogenic protein-1 (BMP-7) in bony sites. *Orthopedics* **22**, 669–671 (1999).
55. King, G. N. & Cochran, D. L. Factors that modulate the effects of bone morphogenetic protein-induced periodontal regeneration: a critical review. *J. Periodontol.* **73**, 925–936 (2002).
56. Maiti, S. K. & Singh, G. R. Bone morphogenetic proteins--novel regulators of bone formation. *Indian J. Exp. Biol.* **36**, 237–244 (1998).
57. Sandhu, H. S. & Khan, S. N. Animal models for preclinical assessment of bone morphogenetic proteins in the spine. *Spine* **27**, S32–38 (2002).
58. Al-Nawas, B. & Schiegnitz, E. Augmentation procedures using bone substitute materials or autogenous bone--a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Oral Implantology* **7**, S219–S234 (2014).
59. ASA Physical Status Classification System - American Society of Anesthesiologists (ASA). Available at: <https://www.asahq.org/resources/clinical-information/asa-physical-status-classification-system>. (Accessed: 23rd July 2018)
60. Strietzel, F. P. *et al.* Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. *J. Clin. Periodontol.* **34**, 523–544 (2007).
61. Hinode, D. *et al.* Influence of smoking on osseointegrated implant failure: a meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research* **17**, 473–478 (2006).
62. Chambrone, L. *et al.* Effects of tobacco smoking on the survival rate of dental implants placed in areas of maxillary sinus floor augmentation: a systematic review. *Clinical Oral Implants Research* **25**, 408–416 (2014).

63. Sgolastra, F., Petrucci, A., Severino, M., Gatto, R. & Monaco, A. Smoking and the risk of peri-implantitis. A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res* **26**, e62–e67 (2015).
64. Chiapasco, M., Zaniboni, M. & Boisco, M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin Oral Implants Res* **17 Suppl 2**, 136–159 (2006).
65. Khoury, F., Hemprich, A. & Sass, T. [Use of the free bone graft in various surgical procedures for the mandible]. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* **9**, 298–304 (1985).
66. Misch, C. M. Comparison of Intraoral Donor Sites for Onlay Grafting Prior to Implant Placement. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **12**, 173–195 (1997).
67. Proussaefs, P., Lozada, J., Kleinman, A. & Rohrer, M. D. The Use of Ramus Autogenous Block Grafts for Vertical Alveolar Ridge Augmentation and Implant Placement: A Pilot Study. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **17**, 238–248 (2002).
68. Tolman, D. E. Reconstructive Procedures With Endosseous Implants in Grafted Bone: A Review of the Literature. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **10**, 179–216 (1995).
69. Esposito, M. *et al.* The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants - a Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol* **2**, 167–184 (2009).
70. Zins, J. E. & Whitaker, L. A. Membranous versus endochondral bone: implications for craniofacial reconstruction. *Plast. Reconstr. Surg.* **72**, 778–785 (1983).
71. Alérico, F. A. *et al.* Prospective tomographic evaluation of autogenous bone resorption harvested from mandibular ramus in atrophic maxilla. *J Craniofac Surg* **25**, e543-546 (2014).
72. Morad, G. & Khojasteh, A. Cortical tenting technique versus onlay layered technique for vertical augmentation of atrophic posterior mandibles: a split-mouth pilot study. *Implant Dent* **22**, 566–571 (2013).
73. Khojasteh, A., Behnia, H., Shayesteh, Y. S., Morad, G. & Alikhasi, M. Localized bone augmentation with cortical bone blocks tented over different particulate bone substitutes: a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* **27**, 1481–1493 (2012).
74. Burchardt, H. The biology of bone graft repair. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 28–42 (1983).
75. Enneking, W. F., Eady, J. L. & Burchardt, H. Autogenous cortical bone grafts in the reconstruction of segmental skeletal defects. *J Bone Joint Surg Am* **62**, 1039–1058 (1980).
76. Motamedian, S. R., Khojaste, M. & Khojasteh, A. Success rate of implants placed in autogenous bone blocks versus allogenic bone blocks: A systematic literature review. *Ann Maxillofac Surg* **6**, 78–90 (2016).
77. Khoury, F., Keller, P. & Keeve, P. L. Stability of Grafted Implant Placement Sites After Sinus Floor Elevation Using a Layering Technique: 10-Year Clinical and Radiographic Results. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **32**, 1086–1096 (2017).
78. Khoury, F. & Doliveux, R. The Bone Core Technique for the Augmentation of Limited Bony Defects: Five-Year Prospective Study with a New Minimally Invasive Technique. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* **38**, 199–207 (2018).
79. Cordaro, L., Amadé, D. S. & 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* **13**, 103–111 (2002).
80. 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* **18**, 432–440 (2007).
81. Barone, A. & Covani, U. Maxillary alveolar ridge reconstruction with nonvascularized autogenous block bone: clinical results. *J. Oral Maxillofac. Surg.* **65**, 2039–2046 (2007).

82. Le, B., Burstein, J. & Sedghizadeh, P. P. Cortical tenting grafting technique in the severely atrophic alveolar ridge for implant site preparation. *Implant Dent* **17**, 40–50 (2008).
83. 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* **17**, 359–366 (2006).
84. 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* **25**, 19–25 (2005).
85. Marianetti, T. M., Leuzzi, F., Pelo, S., Gasparini, G. & Moro, A. J-Graft for Correction of Vertical and Horizontal Maxillary Bone Defects. *Implant Dent* **25**, 293–301 (2016).
86. Yu, H., Chen, L., Zhu, Y. & Qiu, L. Bilamina cortical tenting grafting technique for three-dimensional reconstruction of severely atrophic alveolar ridges in anterior maxillae: A 6-year prospective study. *J Craniomaxillofac Surg* **44**, 868–875 (2016).
87. Ersanli, S., Arisan, V. & Bedeloğlu, E. Evaluation of the autogenous bone block transfer for dental implant placement: Symphysal or ramus harvesting? *BMC Oral Health* **16**, 4 (2016).
88. Recommendations - Prescription des antibiotiques en pratique bucco-dentaire, ANSM 2011.
89. Hurley, L. A., Stinchfield, F. E., Bassett, A. L. & Lyon, W. H. The role of soft tissues in osteogenesis. An experimental study of canine spine fusions. *J Bone Joint Surg Am* **41-A**, 1243–1254 (1959).
90. Gottlow, J., Nyman, S., Karring, T. & Lindhe, J. New attachment formation as the result of controlled tissue regeneration. *Journal of Clinical Periodontology* **11**, 494–503 (1984).
91. Needleman, I., Tucker, R., Giedrys-Leeper, E. & Worthington, H. A systematic review of guided tissue regeneration for periodontal infrabony defects. *Journal of Periodontal Research* **37**, 380–388 (2002).
92. Becker, W. *et al.* Bone formation at dehiscenced dental implant sites treated with implant augmentation material: a pilot study in dogs. *Int J Periodontics Restorative Dent* **10**, 92–101 (1990).
93. Nyman, S., Lang, N. P., Buser, D. & Bragger, U. Bone regeneration adjacent to titanium dental implants using guided tissue regeneration: a report of two cases. *Int J Oral Maxillofac Implants* **5**, 9–14 (1990).
94. Seibert, J. & Nyman, S. Localized ridge augmentation in dogs: a pilot study using membranes and hydroxyapatite. *J. Periodontol.* **61**, 157–165 (1990).
95. Polimeni, G., Xiropaidis, A. V. & Wikesjö, U. M. E. Biology and principles of periodontal wound healing/regeneration. *Periodontology 2000* **41**, 30–47 (2006).
96. *Bone regeneration and repair: biology and clinical applications.* (Humana Press, 2005).
97. Smiler, D. & Soltan, M. The bone-grafting decision tree: a systematic methodology for achieving new bone. *Implant Dent* **15**, 122–128 (2006).
98. Lee, S.-H. *et al.* The Mechanical Properties and Biometrical Effect of 3D Preformed Titanium Membrane for Guided Bone Regeneration on Alveolar Bone Defect. *BioMed Research International* **2017**, 1–12 (2017).
99. Boyne, P. J., Cole, M. D., Stringer, D. & Shafiqat, J. P. A technique for osseous restoration of deficient edentulous maxillary ridges. *J. Oral Maxillofac. Surg.* **43**, 87–91 (1985).
100. Her, S., Kang, T. & Fien, M. J. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. *J. Oral Maxillofac. Surg.* **70**, 803–810 (2012).
101. Becker, W. *et al.* A prospective multi-center study evaluating periodontal regeneration for Class II furcation invasions and intrabony defects after treatment with a bioabsorbable barrier membrane: 1-year results. *J. Periodontol.* **67**, 641–649 (1996).

102. Lim, H.-C. *et al.* The Effectiveness of a Customized Titanium Mesh for Ridge Preservation with Immediate Implantation in Dogs. *Clin Implant Dent Relat Res* **17 Suppl 2**, e652-660 (2015).
103. Jung, G.-U., Jeon, J.-Y., Hwang, K.-G. & Park, C.-J. Preliminary evaluation of a three-dimensional, customized, and preformed titanium mesh in peri-implant alveolar bone regeneration. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* **40**, 181–187 (2014).
104. Gultekin, B. A., Bedeloglu, E., Kose, T. E. & Mijiritsky, E. Comparison of Bone Resorption Rates after Intraoral Block Bone and Guided Bone Regeneration Augmentation for the Reconstruction of Horizontally Deficient Maxillary Alveolar Ridges. *BioMed Research International* **2016**, 1–9 (2016).
105. Wang, H. L., MacNeil, R. L., Shieh, A. T. & O’Neal, R. Utilization of a resorbable collagen membrane in repairing gingival recession defects. *Pract Periodontics Aesthet Dent* **8**, 441–448; quiz 450 (1996).
106. Dahlin, C., Linde, A., Gottlow, J. & Nyman, S. Healing of bone defects by guided tissue regeneration. *Plast. Reconstr. Surg.* **81**, 672–676 (1988).
107. Buser, D., Dula, K., Hirt, H. P. & Schenk, R. K. Lateral ridge augmentation using autografts and barrier membranes: a clinical study with 40 partially edentulous patients. *J. Oral Maxillofac. Surg.* **54**, 420–432; discussion 432-433 (1996).
108. Rakhmatia, Y. D., Ayukawa, Y., Furuhashi, A. & Koyano, K. Current barrier membranes: titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. *J Prosthodont Res* **57**, 3–14 (2013).
109. Zhang, J. *et al.* Biological properties of an anti-bacterial membrane for guided bone regeneration: an experimental study in rats. *Clin Oral Implants Res* **21**, 321–327 (2010).
110. Mordenfeld, A., Johansson, C. B., Albrektsson, T. & Hallman, M. A randomized and controlled clinical trial of two different compositions of deproteinized bovine bone and autogenous bone used for lateral ridge augmentation. *Clin Oral Implants Res* **25**, 310–320 (2014).
111. Sterio, T. W., Katancik, J. A., Blanchard, S. B., Xenoudi, P. & Mealey, B. L. A prospective, multicenter study of bovine pericardium membrane with cancellous particulate allograft for localized alveolar ridge augmentation. *Int J Periodontics Restorative Dent* **33**, 499–507 (2013).
112. Urban, I. A., Nagursky, H. & Lozada, J. L. Horizontal ridge augmentation with a resorbable membrane and particulated autogenous bone with or without anorganic bovine bone-derived mineral: a prospective case series in 22 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* **26**, 404–414 (2011).
113. Shalash, M. A. *et al.* Evaluation of horizontal ridge augmentation using beta tricalcium phosphate and demineralized bone matrix: A comparative study. *J Clin Exp Dent* **5**, e253-259 (2013).
114. Tinti, C., Parma-Benfenati, S. & Polizzi, G. Vertical ridge augmentation: what is the limit? *Int J Periodontics Restorative Dent* **16**, 220–229 (1996).
115. Simion, M., Jovanovic, S. A., 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* **18**, 8–23 (1998).
116. Urban, I. A., Jovanovic, S. A. & Lozada, J. L. 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* **24**, 502–510 (2009).
117. Chiapasco, M., Abati, S., Romeo, E. & Vogel, G. Clinical outcome of autogenous bone blocks or guided bone regeneration with e-PTFE membranes for the reconstruction of narrow edentulous ridges. *Clinical Oral Implants Research* **10**, 278–288 (1999).

118. Machtei, E. E. The Effect of Membrane Exposure on the Outcome of Regenerative Procedures in Humans: A Meta-Analysis. *Journal of Periodontology* **72**, 512–516 (2001).
119. Brägger, U., Hämmerle, C. H. F. & Lang, N. P. Immediate transmucosal implants using the principle of guided tissue regeneration. (II). A cross-sectional study comparing the clinical outcome 1 year after immediate to standard implant placement. *Clinical Oral Implants Research* **7**, 268–276 (1996).
120. Chin, M. & Toth, B. A. Distraction osteogenesis in maxillofacial surgery using internal devices: review of five cases. *J. Oral Maxillofac. Surg.* **54**, 45–53; discussion 54 (1996).
121. Ilizarov, G. A. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 263–285 (1989).
122. Cope, J. B., Samchukov, M. L. & Cherkashin, A. M. Mandibular distraction osteogenesis: a historic perspective and future directions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **115**, 448–460 (1999).
123. Diner, P. A., Tomat, C., Soupre, V., Martinez, H. & Vazquez, M. P. Intraoral mandibular distraction: indications, technique and long-term results. *Ann. Acad. Med. Singap.* **28**, 634–641 (1999).
124. Gerstenfeld, L. C., Cullinane, D. M., Barnes, G. L., Graves, D. T. & Einhorn, T. A. Fracture healing as a post-natal developmental process: Molecular, spatial, and temporal aspects of its regulation. *Journal of Cellular Biochemistry* **88**, 873–884 (2003).
125. Meyer, U. *et al.* The effect of magnitude and frequency of interfragmentary strain on the tissue response to distraction osteogenesis. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* **57**, 1331–1339 (1999).
126. Meyer, U. *et al.* Strain-related bone remodeling in distraction osteogenesis of the mandible. *Plast. Reconstr. Surg.* **103**, 800–807 (1999).
127. Nosaka, Y., Tsunokuma, M., Hayashi, H. & Kakudo, K. Placement of Implants in Distraction Osteogenesis: A Pilot Study in Dogs. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **15**, 185–192 (2000).
128. Aronson, J. Temporal and spatial increases in blood flow during distraction osteogenesis. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 124–131 (1994).
129. Choi, I. H., Chung, C. Y., Cho, T. J. & Yoo, W. J. Angiogenesis and Mineralization During Distraction Osteogenesis. *Journal of Korean Medical Science* **17**, 435 (2002).
130. Mohanty, R. Vertical Alveolar Ridge Augmentation by Distraction Osteogenesis. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* (2015). doi:10.7860/JCDR/2015/15976.6993
131. Yamauchi, K. *et al.* Horizontal alveolar distraction osteogenesis for dental implant: long-term results. *Clinical Oral Implants Research* **24**, 563–568 (2013).
132. Lammens, J., Liu, Z., Aerssens, J., Dequeker, J. & Fabry, G. Distraction Bone Healing Versus Osteotomy Healing: A Comparative Biochemical Analysis. *Journal of Bone and Mineral Research* **13**, 279–286 (1998).
133. 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* **19**, 399–407 (2004).
134. Jensen, O. T., Cockrell, R., Kuhike, L. & Reed, C. Anterior maxillary alveolar distraction osteogenesis: a prospective 5-year clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* **17**, 52–68 (2002).
135. Vega, L. G. & Bilbao, A. Alveolar distraction osteogenesis for dental implant preparation: an update. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* **22**, 369–385, vi (2010).
136. Saulacic, N., Gándara-Vila, P., Somoza-Martín, M. & García-García, A. Distraction osteogenesis of the alveolar ridge: a review of the literature. *Med Oral* **9**, 321–327 (2004).
137. Rachmiel, A., Emodi, O., Gutmacher, Z., Blumenfeld, I. & Aizenbud, D. Oral and dental restoration of wide alveolar cleft using distraction osteogenesis and temporary anchorage devices. *J Craniomaxillofac Surg* **41**, 728–734 (2013).

138. Uckan, S., Dolanmaz, D., Kalayci, A. & Cilasun, U. Distraction osteogenesis of basal mandibular bone for reconstruction of the alveolar ridge. *Br J Oral Maxillofac Surg* **40**, 393–396 (2002).
139. Saulacic, N., Zix, J. & Iizuka, T. Complication rates and associated factors in alveolar distraction osteogenesis: a comprehensive review. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* **38**, 210–217 (2009).
140. Reininger, D., Rodriguez-Grandjean, Ai. & Lôpez-Quiles, J. Analysis of Resorption and Need for Overcorrection in Alveolar Distraction Osteogenesis. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **31**, 865–869 (2016).
141. Cano, J., Campo, J., Moreno, L. A. & Bascones, A. Osteogenic alveolar distraction: a review of the literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* **101**, 11–28 (2006).
142. Polo, W. C. K., Cury, P. R., Sendyk, W. R. & Gromatzky, A. Posterior mandibular alveolar distraction osteogenesis utilizing an extraosseous distractor: a prospective study. *J. Periodontol.* **76**, 1463–1468 (2005).
143. Kanno, T. *et al.* Overcorrection in vertical alveolar distraction osteogenesis for dental implants. *Int J Oral Maxillofac Surg* **36**, 398–402 (2007).
144. Rasia-dal Polo, M., Poli, P.-P., Rancitelli, D., Beretta, M. & Maiorana, C. Alveolar ridge reconstruction with titanium meshes: a systematic review of the literature. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* **19**, e639-646 (2014).
145. Hashemi, H. M. & Javidi, B. Comparison between interpositional bone grafting and osteogenic alveolar distraction in alveolar bone reconstruction. *J. Oral Maxillofac. Surg.* **68**, 1853–1858 (2010).
146. Lalo, J., Chassignolle, V., Beleh, M. & Djemil, M. [Maxillary ridge expansion for dental implant placement with alveolar corticotomy]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* **109**, 316–322 (2008).
147. Bassetti, M. A., Bassetti, R. G. & Bosshardt, D. D. The alveolar ridge splitting/expansion technique: a systematic review. *Clinical Oral Implants Research* **27**, 310–324 (2016).
148. Holtzclaw, D. J., Toscano, N. J. & Rosen, P. S. Reconstruction of posterior mandibular alveolar ridge deficiencies with the piezoelectric hinge-assisted ridge split technique: a retrospective observational report. *J. Periodontol.* **81**, 1580–1586 (2010).
149. Bassetti, R., Bassetti, M., Mericske-Stern, R. & Enkling, N. Piezoelectric alveolar ridge-splitting technique with simultaneous implant placement: a cohort study with 2-year radiographic results. *Int J Oral Maxillofac Implants* **28**, 1570–1580 (2013).
150. Summers, R. B. A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compendium* **15**, 152, 154–156, 158 passim; quiz 162 (1994).
151. Blus, C. & Szmukler-Moncler, S. Split-crest and immediate implant placement with ultrasonic bone surgery: a 3-year life-table analysis with 230 treated sites. *Clin Oral Implants Res* **17**, 700–707 (2006).
152. Coatoam, G. W. & Mariotti, A. The segmental ridge-split procedure. *J. Periodontol.* **74**, 757–770 (2003).
153. Vercellotti, T. Piezoelectric surgery in implantology: a case report--a new piezoelectric ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* **20**, 358–365 (2000).
154. Suh, J.-J., Shelemay, A., Choi, S.-H. & Chai, J.-K. Alveolar ridge splitting: a new microsaw technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* **25**, 165–171 (2005).
155. Bravi, F., Bruschi, G. B. & Ferrini, F. A 10-year multicenter retrospective clinical study of 1715 implants placed with the edentulous ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* **27**, 557–565 (2007).
156. Sethi, A. & Kaus, T. Maxillary ridge expansion with simultaneous implant placement: 5-year results of an ongoing clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* **15**, 491–499 (2000).

157. Mestas, G., Alarcón, M. & Chambrone, L. Long-Term Survival Rates of Titanium Implants Placed in Expanded Alveolar Ridges Using Split Crest Procedures: A Systematic Review. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **31**, 591–599 (2016).
158. Summers, R. B. The osteotome technique: Part 2--The ridge expansion osteotomy (REO) procedure. *Compendium* **15**, 422, 424, 426, passim; quiz 436 (1994).
159. Scipioni, A., Bruschi, G. B., Calesini, G., Bruschi, E. & De Martino, C. Bone regeneration in the edentulous ridge expansion technique: histologic and ultrastructural study of 20 clinical cases. *Int J Periodontics Restorative Dent* **19**, 269–277 (1999).
160. Boyne, P. J. & James, R. A. Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg* **38**, 613–616 (1980).
161. Breine, U. & Brånemark, P. I. Reconstruction of alveolar jaw bone. An experimental and clinical study of immediate and preformed autologous bone grafts in combination with osseointegrated implants. *Scand J Plast Reconstr Surg* **14**, 23–48 (1980).
162. Tatum, H. Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent. Clin. North Am.* **30**, 207–229 (1986).
163. Summers, R. B. The osteotome technique: Part 3--Less invasive methods of elevating the sinus floor. *Compendium* **15**, 698, 700, 702–704 passim; quiz 710 (1994).
164. Starch-Jensen, T. & Jensen, J. D. Maxillary Sinus Floor Augmentation: a Review of Selected Treatment Modalities. *Journal of Oral & Maxillofacial Research* **8**, 1–13 (2017).
165. Chan, H.-L. & Wang, H.-L. Sinus pathology and anatomy in relation to complications in lateral window sinus augmentation. *Implant Dent* **20**, 406–412 (2011).
166. Torretta, S., Mantovani, M., Testori, T., Cappadona, M. & Pignataro, L. Importance of ENT assessment in stratifying candidates for sinus floor elevation: a prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res* **24 Suppl A100**, 57–62 (2013).
167. Pignataro, L., Mantovani, M., Torretta, S., Felisati, G. & Sambataro, G. ENT assessment in the integrated management of candidate for (maxillary) sinus lift. *Acta Otorhinolaryngol Ital* **28**, 110–119 (2008).
168. Corbella, S., Taschieri, S. & Del Fabbro, M. Long-term outcomes for the treatment of atrophic posterior maxilla: a systematic review of literature. *Clin Implant Dent Relat Res* **17**, 120–132 (2015).
169. Del Fabbro, M., Corbella, S., Weinstein, T., Ceresoli, V. & Taschieri, S. Implant survival rates after osteotome-mediated maxillary sinus augmentation: a systematic review. *Clin Implant Dent Relat Res* **14 Suppl 1**, e159-168 (2012).
170. Summers, R. B. The osteotome technique: Part 4--Future site development. *Compend Contin Educ Dent* **16**, 1090, 1092 passim; 1094–1096, 1098, quiz 1099 (1995).
171. Summers, R. B. Sinus floor elevation with osteotomes. *J Esthet Dent* **10**, 164–171 (1998).
172. Esposito, M. *et al.* Effectiveness of sinus lift procedures for dental implant rehabilitation: a Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol* **3**, 7–26 (2010).
173. Tan, W. C., Lang, N. P., Zwahlen, M. & Pjetursson, B. E. A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. Part II: transalveolar technique. *J. Clin. Periodontol.* **35**, 241–254 (2008).
174. Emmerich, D., Att, W. & Stappert, C. Sinus floor elevation using osteotomes: a systematic review and meta-analysis. *J. Periodontol.* **76**, 1237–1251 (2005).
175. Del Fabbro, M., Rosano, G. & Taschieri, S. Implant survival rates after maxillary sinus augmentation. *Eur. J. Oral Sci.* **116**, 497–506 (2008).
176. Peleg, M., Garg, A. K. & Mazor, Z. Predictability of simultaneous implant placement in the severely atrophic posterior maxilla: A 9-year longitudinal experience study of 2132 implants placed into 731 human sinus grafts. *Int J Oral Maxillofac Implants* **21**, 94–102 (2006).

177. Crespi, R., Capparè, P. & Gherlone, E. Osteotome sinus floor elevation and simultaneous implant placement in grafted biomaterial sockets: 3 years of follow-up. *J. Periodontol.* **81**, 344–349 (2010).
178. Hürzeler, M. B., Kirsch, A., Ackermann, K. L. & Quiñones, C. R. Reconstruction of the severely resorbed maxilla with dental implants in the augmented maxillary sinus: a 5-year clinical investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants* **11**, 466–475 (1996).
179. Raviv, E., Turcotte, A. & Harel-Raviv, M. Short dental implants in reduced alveolar bone height. *Quintessence International* **41**, 575–579 (2010).
180. Esposito, M., Grusovin, M. G., Polyzos, I. P., Felice, P. & Worthington, H. V. Interventions for replacing missing teeth: dental implants in fresh extraction sockets (immediate, immediate-delayed and delayed implants). *Cochrane Database Syst Rev* CD005968 (2010). doi:10.1002/14651858.CD005968.pub3
181. Lee, H.-W., Lin, W.-S. & Morton, D. A retrospective study of complications associated with 100 consecutive maxillary sinus augmentations via the lateral window approach. *Int J Oral Maxillofac Implants* **28**, 860–868 (2013).
182. Schwartz-Arad, D., Herzberg, R. & Dolev, E. The prevalence of surgical complications of the sinus graft procedure and their impact on implant survival. *J. Periodontol.* **75**, 511–516 (2004).
183. Hernández-Alfaro, F., Torradeflot, M. M. & Marti, C. Prevalence and management of Schneiderian membrane perforations during sinus-lift procedures. *Clin Oral Implants Res* **19**, 91–98 (2008).
184. Viña-Almunia, J., Peñarrocha-Diago, M. & Peñarrocha-Diago, M. Influence of perforation of the sinus membrane on the survival rate of implants placed after direct sinus lift. Literature update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* **14**, E133-136 (2009).
185. Pabst, A. M. *et al.* Analysis of implant-failure predictors in the posterior maxilla: A retrospective study of 1395 implants. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* **43**, 414–420 (2015).
186. Cho-Lee, G.-Y. *et al.* A 12-year retrospective analytic study of the implant survival rate in 177 consecutive maxillary sinus augmentation procedures. *Int J Oral Maxillofac Implants* **25**, 1019–1027 (2010).
187. Jensen, O. T., Shulman, L. B., Block, M. S. & Iacono, V. J. Report of the Sinus Consensus Conference of 1996. *Int J Oral Maxillofac Implants* **13 Suppl**, 11–45 (1998).
188. Khoury, F. Augmentation of the sinus floor with mandibular bone block and simultaneous implantation: a 6-year clinical investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants* **14**, 557–564 (1999).
189. Huynh-Ba, G., Friedberg, J. R., Vogiatzi, D. & Ioannidou, E. Implant failure predictors in the posterior maxilla: a retrospective study of 273 consecutive implants. *J. Periodontol.* **79**, 2256–2261 (2008).
190. Bornstein, M. M., Chappuis, V., von Arx, T. & Buser, D. Performance of dental implants after staged sinus floor elevation procedures: 5-year results of a prospective study in partially edentulous patients. *Clin Oral Implants Res* **19**, 1034–1043 (2008).
191. Bruschi, G. B., Crespi, R., Capparè, P. & Gherlone, E. Transcrestal sinus floor elevation: a retrospective study of 46 patients up to 16 years. *Clin Implant Dent Relat Res* **14**, 759–767 (2012).
192. Bernardello, F. *et al.* Crestal sinus lift with sequential drills and simultaneous implant placement in sites with <5 mm of native bone: a multicenter retrospective study. *Implant Dent* **20**, 439–444 (2011).
193. Winter, A. A., Pollack, A. S. & Odrich, R. B. Placement of implants in the severely atrophic posterior maxilla using localized management of the sinus floor: a preliminary study. *Int J Oral Maxillofac Implants* **17**, 687–695 (2002).

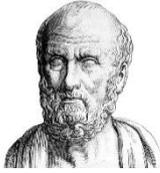
194. Chiapasco, M., Zaniboni, M. & Rimondini, L. Dental implants placed in grafted maxillary sinuses: a retrospective analysis of clinical outcome according to the initial clinical situation and a proposal of defect classification. *Clin Oral Implants Res* **19**, 416–428 (2008).
195. Pjetursson, B. E., Tan, W. C., Zwahlen, M. & Lang, N. P. A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. *J. Clin. Periodontol.* **35**, 216–240 (2008).
196. Wallace, S. S. & Froum, S. J. Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review. *Ann. Periodontol.* **8**, 328–343 (2003).
197. Tuna, T., Yorgidis, M. & Strub, J. R. Prognosis of implants and fixed restorations after lateral sinus elevation: a literature review. *J Oral Rehabil* **39**, 226–238 (2012).
198. Chao, Y.-L., Chen, H.-H., Mei, C.-C., Tu, Y.-K. & Lu, H.-K. Meta-regression analysis of the initial bone height for predicting implant survival rates of two sinus elevation procedures. *J. Clin. Periodontol.* **37**, 456–465 (2010).
199. Ellegaard, B., Baelum, V. & Kølsen-Petersen, J. Non-grafted sinus implants in periodontally compromised patients: a time-to-event analysis. *Clin Oral Implants Res* **17**, 156–164 (2006).
200. Srouji, S. *et al.* The Schneiderian membrane contains osteoprogenitor cells: in vivo and in vitro study. *Calcif. Tissue Int.* **84**, 138–145 (2009).
201. Hatano, N., Sennerby, L. & Lundgren, S. Maxillary sinus augmentation using sinus membrane elevation and peripheral venous blood for implant-supported rehabilitation of the atrophic posterior maxilla: case series. *Clin Implant Dent Relat Res* **9**, 150–155 (2007).
202. Kim, H.-R., Choi, B.-H., Xuan, F. & Jeong, S.-M. The use of autologous venous blood for maxillary sinus floor augmentation in conjunction with sinus membrane elevation: an experimental study. *Clin Oral Implants Res* **21**, 346–349 (2010).
203. Lin, I.-C., Gonzalez, A. M., Chang, H.-J., Kao, S.-Y. & Chen, T.-W. A 5-year follow-up of 80 implants in 44 patients placed immediately after the lateral trap-door window procedure to accomplish maxillary sinus elevation without bone grafting. *Int J Oral Maxillofac Implants* **26**, 1079–1086 (2011).
204. Nkenke, E. & Stelzle, F. Clinical outcomes of sinus floor augmentation for implant placement using autogenous bone or bone substitutes: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* **20 Suppl 4**, 124–133 (2009).
205. Raghoobar, G. M., Timmenga, N. M., Reintsema, H., Stegenga, B. & Vissink, A. Maxillary bone grafting for insertion of endosseous implants: results after 12–124 months. *Clin Oral Implants Res* **12**, 279–286 (2001).
206. Misch, C. E. & Dietsh, F. Bone-grafting materials in implant dentistry. *Implant Dent* **2**, 158–167 (1993).
207. Johansson, B., Grepe, A., Wannfors, K. & Hirsch, J. M. A clinical study of changes in the volume of bone grafts in the atrophic maxilla. *Dentomaxillofac Radiol* **30**, 157–161 (2001).
208. Daculsi, G., LeGeros, R. Z., Nery, E., Lynch, K. & Kerebel, B. Transformation of biphasic calcium phosphate ceramics in vivo: ultrastructural and physicochemical characterization. *J. Biomed. Mater. Res.* **23**, 883–894 (1989).
209. Kim, Y.-K., Yun, P.-Y., Kim, S.-G. & Lim, S.-C. Analysis of the healing process in sinus bone grafting using various grafting materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* **107**, 204–211 (2009).
210. Duan, D.-H. *et al.* Graft-Free Maxillary Sinus Floor Elevation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Periodontology* **88**, 550–564 (2017).
211. Cavicchia, F., Bravi, F. & Petrelli, G. Localized augmentation of the maxillary sinus floor through a coronal approach for the placement of implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* **21**, 475–485 (2001).

212. Nedir, R., Nurdin, N., Szmukler-Moncler, S. & Bischof, M. Placement of tapered implants using an osteotome sinus floor elevation technique without bone grafting: 1-year results. *Int J Oral Maxillofac Implants* **24**, 727–733 (2009).
213. McAllister, B. S. & Haghghat, K. Bone augmentation techniques. *J. Periodontol.* **78**, 377–396 (2007).
214. Wikesjö, U. M. E. & Selvig, K. A. Periodontal wound healing and regeneration. *Periodontology 2000* **19**, 21–39 (1999).
215. Lundgren, S., Andersson, S., Gualini, F. & Sennerby, L. Bone reformation with sinus membrane elevation: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation. *Clin Implant Dent Relat Res* **6**, 165–173 (2004).
216. Palma, V. C. *et al.* Bone reformation and implant integration following maxillary sinus membrane elevation: an experimental study in primates. *Clin Implant Dent Relat Res* **8**, 11–24 (2006).
217. Xu, H., Shimizu, Y. & Ooya, K. Histomorphometric study of the stability of newly formed bone after elevation of the floor of the maxillary sinus. *Br J Oral Maxillofac Surg* **43**, 493–499 (2005).
218. Annibali, S. *et al.* Short dental implants: a systematic review. *J. Dent. Res.* **91**, 25–32 (2012).
219. Katranji, A., Fotek, P. & Wang, H.-L. Sinus augmentation complications: etiology and treatment. *Implant Dent* **17**, 339–349 (2008).
220. Schwartz-Arad, D., Herzberg, R. & Dolev, E. The prevalence of surgical complications of the sinus graft procedure and their impact on implant survival. *J. Periodontol.* **75**, 511–516 (2004).
221. Ardekian, L., Oved-Peleg, E., Mactei, E. E. & Peled, M. The clinical significance of sinus membrane perforation during augmentation of the maxillary sinus. *J. Oral Maxillofac. Surg.* **64**, 277–282 (2006).
222. al, P.-R. L., *et al.* A clinical, radiographic, and microbiologic comparison of Astra Tech and Brånemark single tooth implants. - PubMed - NCBI. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=a+clinical%2C+radiographic+and+microbiologic+comparison+of+Astra+tech+and+Branemark+single+tooth+implants.+Puchades-Roma%2C+Palmer>. (Accessed: 7th August 2018)
223. Lazzara, R. J. & Porter, S. S. Platform Switching: A New Concept in Implant Dentistry for Controlling Postrestorative Crestal Bone Levels. *Restorative Dentistry* **26**, 10 (2005).
224. Di Iorio, D. *et al.* Quantitative evaluation of the fibrin clot extension on different implant surfaces: an in vitro study. *J. Biomed. Mater. Res. Part B Appl. Biomater.* **74**, 636–642 (2005).
225. Sammons, R. L., Lumbikanonda, N., Gross, M. & Cantzler, P. Comparison of osteoblast spreading on microstructured dental implant surfaces and cell behaviour in an explant model of osseointegration. *Clinical Oral Implants Research* **16**, 657–666 (2005).
226. Krafft, T. & Peschla, M. Abrasion of surface components in endosseous implants depending on their shape and coating. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* **23**, 418–419 (1994).
227. Rupp, F., Scheideler, L., Rehbein, D., Axmann, D. & Geis-Gerstorfer, J. Roughness induced dynamic changes of wettability of acid etched titanium implant modifications. *Biomaterials* **25**, 1429–1438 (2004).
228. Neugebauer, J., Weinländer, M., Lekovic, V., von Berg, K.-H. L. & Zoeller, J. E. Mechanical Stability of Immediately Loaded Implants with Various Surfaces and Designs: A Pilot Study in Dogs. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **24**, 1083–1092 (2009).
229. Romeo, E., Ghisolfi, M., Rozza, R., Chiapasco, M. & Lops, D. Short (8-mm) dental implants in the rehabilitation of partial and complete edentulism: a 3- to 14-year longitudinal study. *Int J Prosthodont* **19**, 586–592 (2006).

230. Klein, M. O., Schiegnitz, E. & Al-Nawas, B. Systematic review on success of narrow-diameter dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* **29 Suppl**, 43–54 (2014).
231. Benic, G. I. *et al.* Dimensions of buccal bone and mucosa at immediately placed implants after 7 years: a clinical and cone beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Res* **23**, 560–566 (2012).
232. Teughels, W., Merheb, J. & Quirynen, M. Critical horizontal dimensions of interproximal and buccal bone around implants for optimal aesthetic outcomes: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* **20 Suppl 4**, 134–145 (2009).
233. Anitua, E., Orive, G., Aguirre, J. J. & Andía, I. Five-year clinical evaluation of short dental implants placed in posterior areas: a retrospective study. *J. Periodontol.* **79**, 42–48 (2008).
234. Pohl, V. *et al.* Short dental implants (6 mm) versus long dental implants (11–15 mm) in combination with sinus floor elevation procedures: 3-year results from a multicentre, randomized, controlled clinical trial. *J. Clin. Periodontol.* **44**, 438–445 (2017).
235. Atieh, M. A., Zadeh, H., Stanford, C. M. & Cooper, L. F. Survival of short dental implants for treatment of posterior partial edentulism: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* **27**, 1323–1331 (2012).
236. Lee, S.-A., Lee, C.-T., Fu, M. M., Elmisalati, W. & Chuang, S.-K. Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials for the management of limited vertical height in the posterior region: short implants (5 to 8 mm) vs longer implants (> 8 mm) in vertically augmented sites. *Int J Oral Maxillofac Implants* **29**, 1085–1097 (2014).
237. Mangano, F. G. *et al.* Short (8-mm) locking-taper implants supporting single crowns in posterior region: a prospective clinical study with 1-to 10-years of follow-up. *Clin Oral Implants Res* **25**, 933–940 (2014).
238. Prasad, K. D., Shetty, M., Bansal, N. & Hegde, C. Platform switching: An answer to crestal bone loss. *Journal of Dental Implants* **1**, 13 (2011).
239. Hagi, D., Deporter, D. A., Pilliar, R. M. & Arenovich, T. A targeted review of study outcomes with short (< or = 7 mm) endosseous dental implants placed in partially edentulous patients. *J. Periodontol.* **75**, 798–804 (2004).
240. Baggi, L., Cappelloni, I., Di Girolamo, M., Maceri, F. & Vairo, G. The influence of implant diameter and length on stress distribution of osseointegrated implants related to crestal bone geometry: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent* **100**, 422–431 (2008).
241. Albrektsson, T. On long-term maintenance of the osseointegrated response. *Aust Prosthodont J* **7 Suppl**, 15–24 (1993).
242. Davies, J. E. Mechanisms of endosseous integration. *Int J Prosthodont* **11**, 391–401 (1998).
243. Botticelli, D., Berglundh, T., Buser, D. & Lindhe, J. The jumping distance revisited. *Clinical Oral Implants Research* **14**, 35–42 (2003).
244. Harris, W. H., White, R. E., McCarthy, J. C., Walker, P. S. & Weinberg, E. H. Bony ingrowth fixation of the acetabular component in canine hip joint arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 7–11 (1983).
245. Fugazzotto, P. A. *et al.* Success and failure rates of 9 mm or shorter implants in the replacement of missing maxillary molars when restored with individual crowns: preliminary results 0 to 84 months in function. A retrospective study. *J. Periodontol.* **75**, 327–332 (2004).
246. Feldman, S., Boitel, N., Weng, D., Kohles, S. S. & Stach, R. M. Five-year survival distributions of short-length (10 mm or less) machined-surfaced and Osseotite implants. *Clin Implant Dent Relat Res* **6**, 16–23 (2004).
247. Misch, C. E. Short dental implants: a literature review and rationale for use. *Dent Today* **24**, 64–66, 68 (2005).

248. Renouard, F. & Nisand, D. Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin Oral Implants Res* **17 Suppl 2**, 35–51 (2006).
249. Griffin, T. J. & Cheung, W. S. The use of short, wide implants in posterior areas with reduced bone height: a retrospective investigation. *J Prosthet Dent* **92**, 139–144 (2004).
250. Nedir, R. *et al.* A 7-year life table analysis from a prospective study on ITI implants with special emphasis on the use of short implants. Results from a private practice. *Clin Oral Implants Res* **15**, 150–157 (2004).
251. Fugazzotto, P. A. Shorter implants in clinical practice: rationale and treatment results. *Int J Oral Maxillofac Implants* **23**, 487–496 (2008).
252. Kido, H., Schulz, E. E., Kumar, A., Lozada, J. & Saha, S. Implant diameter and bone density: effect on initial stability and pull-out resistance. *J Oral Implantol* **23**, 163–169 (1997).
253. Matsushita, Y., Kitoh, M., Mizuta, K., Ikeda, H. & Suetsugu, T. Two-dimensional FEM analysis of hydroxyapatite implants: diameter effects on stress distribution. *J Oral Implantol* **16**, 6–11 (1990).
254. Gentile, M. A., Chuang, S.-K. & Dodson, T. B. Survival estimates and risk factors for failure with 6 x 5.7-mm implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* **20**, 930–937 (2005).
255. Renouard, F. & Nisand, D. Short implants in the severely resorbed maxilla: a 2-year retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* **7 Suppl 1**, S104-110 (2005).
256. Carlsson, G. E. & Omar, R. The future of complete dentures in oral rehabilitation. A critical review. *Journal of Oral Rehabilitation* **37**, 143–156 (2010).
257. Narby, B., Kronström, M., Söderfeldt, B. & Palmqvist, S. Changes in Attitudes Toward Desire for Implant Treatment: A Longitudinal Study of a Middle-Aged and Older Swedish Population. *International Journal of Prosthodontics* **21**, 481–485 (2008).
258. Schiegnitz, E. & Al-Nawas, B. Narrow-diameter implants: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research* **29**, 21–40
259. Srinivasan, M. *et al.* Efficacy and predictability of short dental implants (<8 mm): a critical appraisal of the recent literature. *Int J Oral Maxillofac Implants* **27**, 1429–1437 (2012).
260. Bergendal, T. & Engquist, B. Implant-supported overdentures: a longitudinal prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* **13**, 253–262 (1998).
261. Jaffin, R. A. & Berman, C. L. The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone: a 5-year analysis. *J. Periodontol.* **62**, 2–4 (1991).
262. Rangert, B., Krogh, P. H., Langer, B. & Van Roekel, N. Bending overload and implant fracture: a retrospective clinical analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* **10**, 326–334 (1995).
263. Esposito, M., Hirsch, J. M., Lekholm, U. & Thomsen, P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (II). Etiopathogenesis. *Eur. J. Oral Sci.* **106**, 721–764 (1998).
264. Brunski, J. B. Biomechanical factors affecting the bone-dental implant interface. *Clin Mater* **10**, 153–201 (1992).
265. Buser, D. *et al.* Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. *Clin Oral Implants Res* **8**, 161–172 (1997).
266. Bahat, O. Treatment Planning and Placement of Implants in the Posterior Maxillae: Report of 732 Consecutive Nobelpharma Implants. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **8**, 1–21 (1993).
267. Winkler, S., Morris, H. F. & Ochi, S. Implant survival to 36 months as related to length and diameter. *Ann. Periodontol.* **5**, 22–31 (2000).

268. Ferrigno, N., Laureti, M., Fanali, S. & Grippaudo, G. A long-term follow-up study of non-submerged ITI implants in the treatment of totally edentulous jaws. Part I: Ten-year life table analysis of a prospective multicenter study with 1286 implants. *Clin Oral Implants Res* **13**, 260–273 (2002).
269. das Neves, F. D., Fones, D., Bernardes, S. R., do Prado, C. J. & Neto, A. J. F. Short implants--an analysis of longitudinal studies. *Int J Oral Maxillofac Implants* **21**, 86–93 (2006).
270. Bischof, M., Nedir, R., Abi Najm, S., Szmukler-Moncler, S. & Samson, J. A five-year life-table analysis on wide neck ITI implants with prosthetic evaluation and radiographic analysis: results from a private practice. *Clinical Oral Implants Research* **17**, 512–520 (2006).
271. Teixeira, E. R., Wadamoto, M., Akagawa, Y. & Kimoto, T. Clinical application of short hydroxylapatite-coated dental implants to the posterior mandible: A five-year survival study. *The Journal of Prosthetic Dentistry* **78**, 166–171 (1997).
272. Roos, J. *et al.* A qualitative and quantitative method for evaluating implant success: a 5-year retrospective analysis of the Brånemark implant. *Int J Oral Maxillofac Implants* **12**, 504–514 (1997).
273. Friberg, B., Gröndahl, K., Lekholm, U. & Brånemark, P. I. Long-term follow-up of severely atrophic edentulous mandibles reconstructed with short Brånemark implants. *Clin Implant Dent Relat Res* **2**, 184–189 (2000).
274. ten Bruggenkate, C. M., Asikainen, P., Foitzik, C., Krekeler, G. & Sutter, F. Short (6-mm) nonsubmerged dental implants: results of a Multicenter clinical trial of 1 to 7 years. *Int J Oral Maxillofac Implants* **13**, 791–798 (1998).
275. Alrabiah, M. Comparison of survival rate and crestal bone loss of narrow diameter dental implants versus regular dental implants: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry* **0**, e12367
276. Arlin, M. L. Short dental implants as a treatment option: results from an observational study in a single private practice. *Int J Oral Maxillofac Implants* **21**, 769–776 (2006).
277. Romeo, E. *et al.* The use of short dental implants in clinical practice: literature review. *Minerva Stomatol* **59**, 23–31 (2010).
278. Tissue Engineering: Applications In Maxillofacial Surgery And Periodontics. Available at: <http://sinbooksret.com/tissue-engineering-applications-in-maxillofacial-surgery-and-periodontics-these-e-books-will-change-your-life-for-better.pdf>. (Accessed: 26th September 2018)
279. Ferrari, S. *et al.* Rehabilitation with endosseous implants in fibula free-flap mandibular reconstruction: a case series of up to 10 years. *J Craniomaxillofac Surg* **41**, 172–178 (2013).
280. Dikicier, E., Karaçaylı, Ü., Dikicier, S. & Günaydın, Y. Effect of systemic administered zoledronic acid on osseointegration of a titanium implant in ovariectomized rats. *J Craniomaxillofac Surg* **42**, 1106–1111 (2014).
281. Kyoung-In Yun *et al.* Efficacy of Alveolar Vertical Distraction Osteogenesis and Autogenous Bone Grafting for Dental Implants: Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **31**, 26–36 (2016).



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

ANDRE Christelle ép. MOSCA - Gestion des défauts osseux des secteurs postérieurs maxillaires dans le cadre d'une thérapeutique implantaire

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix –Marseille Université : 2018

Rubrique de classement : Chirurgie Orale

Résumé :

L'odontologie est marquée par une recrudescence de populations vieillissantes, qui nécessitent une prise en charge implantaire. La gestion des défauts osseux est primordiale afin d'obtenir une réhabilitation fonctionnelle et esthétique, ainsi qu'une pérennité de nos traitements implantaires. Le secteur postérieur maxillaire est caractérisé par une proximité anatomique avec les sinus, une densité osseuse faible, ce qui explique une gestion particulière des défauts.

L'intérêt de ce travail est de réaliser une approche clinique et thérapeutique des défauts osseux du secteur postérieur maxillaire dans le cadre d'une thérapeutique implantaire.

La première partie caractérise les défauts osseux du secteur postérieur maxillaire.

La deuxième partie expose les différentes stratégies thérapeutiques face à ces défauts.

La troisième partie présente l'organigramme décisionnel pour la gestion des défauts.

Mots clés : implant, maxillaire, régénération osseuse, reconstruction de crête alvéolaire

ANDRE Christelle ép. MOSCA – Posterior maxillary bone defects treatment in implantology

Abstract:

Odontology is characterized by aging population increase who need implant treatment. Bone defect treatment is essential for functional and esthetic rehabilitation in implantology as well as the predictability. Posterior maxillary is marked by sinus proximity, a poor bone density, who explain the specificity of bone defects treatment.

The interest of this work is to achieve clinical and therapeutic approach of posterior maxillary bone defects in implantology.

The first part describes posterior maxillary bone defects.

The second part shows bone defects therapeutic strategies.

The third part currents bone defects decision tree.

MeSH: implant, maxillary, bone regeneration, alveolar ridge augmentation

Adresse de l'auteur :

222 Rue du Maravenne
83250 LA LONDE LES MAURES