

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année : 2015

Thèse : 2015-TOU3-3034

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par

Jean DUBEDOUT

Le 7 juillet 2015

APPORTS DE LA PIEZOCHIRURGIE DANS LES COMBLEMENTS DE SINUS PAR VOIE LATERALE

Directeur de thèse : Dr Pierre-Pascal POULET

JURY

Président
Assesseur
Assesseur
Assesseur

Professeur Serge ARMAND
Professeur Damien DURAN
Docteur Pierre-Pascal POULET
Docteur Antoine GALIBOURG



Faculté de Chirurgie Dentaire



➔ DIRECTION

ADMINISTRATEUR PROVISoire

Mr Hugues CHAP

ASSESSEURS DU DOYEN

• ENSEIGNANTS :

Mr CHAMPION Jean
Mr HAMEL Olivier
Mr POMAR Philippe

• PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme GRIMOUD Anne-Marie

• ÉTUDIANT :

Mr HAURET-CLOS Mathieu

CHARGÉS DE MISSION

Mr PALOUDIER Gérard
Mr AUTHER Alain

RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme MORICE Marie-Christine

➔ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

Mr LAGARRIGUE Jean +
Mr LODTER Jean-Philippe
Mr PALOUDIER Gérard
Mr SOULET Henri

➔ ÉMÉRITAT

Mme GRÉGOIRE Geneviève
Mr PALOUDIER Gérard

➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

56.01 PÉDODONTIE

Chef de la sous-section :

Professeur d'Université :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Chargés d'Enseignement :

Mr VAYSSE

Mme BAILLEUL-FORESTIER

Mme NOIRRI-ESCLASSAN, Mr VAYSSE

Mme DARIES, Mr MARTY

Mr DOMINÉ

56.02 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Chef de la sous-section :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Chargés d'Enseignement :

Mr BARON

Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,

Mme GABAY-FARUCH, Mme YAN-VERGNES

Mme MECHRAOUI, Mr MIQUEL

56.03 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

Chef de la sous-section :

Professeur d'Université :

Maître de Conférences :

Assistant :

Chargés d'Enseignement :

Mr HAMEL

Mme NABET, Mr PALOUDIER, Mr SIXOU

Mr HAMEL, Mr VERGNES

Mlle BARON

Mr DURAND, Mr PARAYRE

57.01 PARODONTOLOGIE***Chef de la sous-section :*** **Mr BARTHET**

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN

Assistants : Mr MOURGUES, Mme VINEL

Chargés d'Enseignement : Mr CALVO, Mr LAFFORGUE, Mr SANCIER

57.02 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE, ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION***Chef de la sous-section :*** **Mr CAMPAN**

Professeur d'Université : Mr DURAN

Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY

Assistants : Mme BOULANGER, Mme CROS, Mr EL KESRI

Chargés d'Enseignement : Mr FAUXPOINT, Mr L'HOMME, Mme LABADIE

57.03 SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE)***Chef de la sous-section :*** **Mr KÉMOUN**

Professeurs d'Université : Mme DUFFAUT

Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr KÉMOUN, Mr POULET

Assistants : Mr BARRAGUÉ, Mme DUBOSC, Mme PESUDO, Mme SOUBIELLE

Chargés d'Enseignement : Mr BLASCO-BAQUE, Mr SIGNAT, Mme VALERA

58.01 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE***Chef de la sous-section :*** **Mr GUIGNES**

Maîtres de Conférences : Mr DIEMER, Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE

Assistants : Mr ARCAUTE, Mr BONIN, Mr BUORO, Mme DEDIEU, Mme DUEYMES, Mr MICHETTI

Chargés d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mr ELBEZE, Mr MALLET

58.02 PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)***Chef de la sous-section :*** **Mr CHAMPION**

Professeurs d'Université : Mr ARMAND, Mr POMAR

Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN, Mme VIGARIOS

Assistants : Mr CHABRERON, Mr GALIBOURG, Mr HOBEILAH, Mr KNAFO, Mme SELVA

Chargés d'Enseignement : Mr BOGHANIM, Mr DESTRUHAUT, Mr FLORENTIN, Mr FOLCH, Mr GHRENASSIA, Mme LACOSTE-FERRE, Mr POGEANT, Mr RAYNALDY, Mr GINESTE

58.03 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE***Chef de la sous-section :*** **Mme JONIOT**

Professeur d'Université : Mme GRÉGOIRE

Maîtres de Conférences : Mme JONIOT, Mr NASR

Assistants : Mr CANIVET, Mme GARNIER, Mr MONSARRAT

Chargés d'Enseignement : Mr AHMED, Mme BAYLE-DELANNÉE, Mr ETIENNE, Mme MAGNE, Mr TREIL, Mr VERGÉ

A Poula

REMERCIEMENTS

A **ma mère**, merci pour ton amour. Je te remercie d'avoir fait ce que je suis maintenant, et ce grâce à l'éducation et aux belles valeurs que tu as su me transmettre. Je me suis toujours senti aimé, et je t'en suis très reconnaissant.

A **mon père**, merci d'être toujours là pour moi. Je te remercie pour ta générosité sans égale, ta joie de vivre, ton optimisme et pour tout le soutien que tu m'as apporté pendant ma première année de médecine. J'aurais aimé partager plus de moments avec toi et j'espère que les années à venir me permettront d'accomplir ce souhait.

A **Diane**, merci de partager mon quotidien. Ton beau sourire m'accompagne tous les jours. Je te remercie pour tous ces merveilleux moments passés, tous ces beaux voyages. Notre départ à la découverte du monde est imminent, cela laisse présager un très bel avenir, aussi bien dans mes yeux que dans mon cœur.

A **mes frères et sœurs** :

A **Sophie**, ma grande sœur sur qui j'ai toujours pu compter. Cela fait de toi une grande sœur dont tout le monde rêve. Je te remercie pour cette complicité entre nous, toutes ces soirées avec tes copains, ces petits repas, ces week-ends. Jamais un seul conflit entre nous, je crois que cela veut tout dire. Bravo pour ce magnifique bébé !

A **Jacques**, mon grand frère. J'apprends beaucoup de toi et de ta façon de voir les choses. Tu es toujours là quand j'ai besoin de parler (ou simplement de faire la fête), et c'est constamment un plaisir de se retrouver à Paris, Bordeaux, Toulouse ou même Bali. Je te remercie de jouer pleinement ton rôle de grand frère !

A **Jeanne**, ma petite sœur. J'ai pris beaucoup de plaisir à être ton grand frère qui te fasse rire et rêver. Il me tarde que l'on puisse pleinement se retrouver. Bravo pour ton parcours, tu feras une très belle médecin.

A **Camille**, mon Bill. Notre complicité est sans pareille. Je serai toujours là pour toi. Ta réussite ne fait plus l'ombre d'un doute. Une troisième sœur médecin, j'espère être au moins malade trois fois dans l'année pour tourner. Félicitations !

A **Victor**, mon petit frère tennisman. Le petit dernier en âge mais le premier de loin en taille. Tu grandis vite et tu apprends encore plus vite, ça laisse présager une belle carrière. Laß uns träumen!

A **Moula**, merci pour avoir réussi à construire une si belle famille. Tu as été une mère exemplaire si j'en crois mes oncles et tantes ; je n'en ai aucun doute car tu es aussi une grand-mère formidable. Tant de bons moments passés à Baigneaux avec toi. Merci pour tout l'amour que tu portes à tes nombreux petits-enfants !

A **Poula**. Tu nous as quitté il y a maintenant un an. Cette thèse t'est personnellement dédiée. A l'image de ton épouse tu as été un grand-père incroyable, un modèle pour moi. Je garde tous tes livres précieusement ; mes enfants connaîtront leur arrière grand père. Merci pour avoir tant tissé et su conserver à merveille ce lien familial si cher à mes yeux.

A **Mamie**, ma petite mamie de Carcans. Je pense très fort à toi et je te remercie pour l'accueil que tu me réserves à chaque fois que je viens te voir. C'est toujours un plaisir de discuter avec toi. Tu as également su fonder une superbe famille, et pas n'importe laquelle, la famille DUBEDOUT !

A **mon grand père Guy**. Je ne garde que de lointains souvenirs de toi, mais ils sont forts et très heureux. J'espère que de là haut tu es fier de moi.

A **mon cousin Baptiste**. Mon couzinou, que dire pour faire court ? Peu de mots peuvent décrire tout ce que nous avons vécu jusqu'à présent. Tu es comme un frère, tant de complicité, tant de rigolade. Je garde tellement de souvenirs avec toi, et ce n'est que le début !

A **mon cousin Benoît**. Tu vas finir par croire que je te copie dans les moindres détails. Merci pour ta joie de vivre et ton sens de la fiesta ! Je suis fier de t'avoir pris comme modèle.

A **ma marraine Hélène**. Merci de ne m'avoir jamais oublié, et pour toutes ces petites attentions à mon égard.

A **mon parrain Henri**. Tu n'es pas le parrain de Benoît également par hasard. Merci pour tous ces bons moments et tes « auurgg » déjantés. Tu as toujours été très proche de moi et je t'en remercie.

A **mon oncle Marc et ma tante Nathalie** ainsi qu'à **leurs enfants Oscar et Mathilde**. Quelle famille, quel accueil, quelle complicité, quelle bouffée d'oxygène quand je viens vous trouver. Que ce soit à Bordeaux ou sur le bassin, ce sera toujours avec grand plaisir que l'on se joindra à vous avec Diane. Je sais que je peux toujours compter sur vous et ça fait chaud au cœur.

A **mes beaux-parents, Florence et Philippe**. Ce n'est pas facile tous les jours, j'espère que l'avenir nous réservera de belles surprises.

A **tous mes cousins et cousines** et à leurs **maris/femmes** ou **copains/copines**. On forme une super grande famille. Que ce soit la Dubedout ou Delorge, c'est magique d'en être arrivé là et je souhaite de tout cœur que ça ne s'arrête jamais. Alors en avant les couzinades !

A **tous mes oncles et tantes**. C'est toujours un plaisir de vous voir tous ensemble ou séparément. Vous êtes très nombreux et je m'entends avec vous tous, c'est une chance et c'est génial ! La famille c'est sacré, bravo et merci !

A **Arnaud mon beau-frère**. Merci de m'avoir donné un si beau neveu et de rendre ma sœur si heureuse. A **Gaspard**, mon neveu, ta vie sera belle j'en suis certain.

Aux **parents de Diane : Florence et Philippe**. Vous avez su m'accueillir dans votre famille avec une telle simplicité, gentillesse et générosité ; je tiens à vous remercier car je me sens bien avec vous et chez vous. Merci pour tous ces moments passés à Hossegor, Toulouse ou Montjoi. Ce que vous construisez est toujours une réussite, félicitations !

A **Estelle et Antoine**, ainsi qu'à **toute la famille Imbert**. Merci pour votre accueil.

A **tous mes amis** :

Je ne vais pas pouvoir dire un mot pour chacun d'entre vous, vous êtes tous si différents et si chers à mes yeux. J'espère que ce que l'on partage à chaque instant ne s'arrêtera jamais.

Au **VENJON**. Des amis qu'on a depuis le collège, et avec qui le contact est toujours aussi fort, c'est pas commun. Merci à vous cinq d'être toujours là :

Le **bon Vic** pour tous ces bons moments passés ensemble. Cette simplicité et cette amitié qui durent depuis maintenant 13 ans.

Le **bon Ed** pour ... être le bon Ed ! Les vacances sans toi, c'est beaucoup moins drôle.

La **bonne Nine** pour ton sourire et ta bonne humeur. Les week-ends et vacances passés avec toi sont toujours réussis. Je fais en sorte de me tenir très mal au cabinet pour avoir de bonnes raisons de venir consulter. Félicitations pour ta récente installation !

La **bonne Olive** pour ton sens de l'humour Thaï et tous ces moments de rigolade !

Le **bon NIC** pour cette capacité à me faire voyager. Enormément de complicité et de plaisir à te retrouver malgré les distances qui nous séparent. Ne cherche pas, de toute façon j'irai où tu iras, parce qu'à chaque fois, c'est génial !

A **mes anciens colloc' : Micha, Patu et Ved**. Ce fut bon, intense et gravé à jamais dans ma mémoire. On a su créer quelque chose de fort : la **pacsoulloc'**. Merci d'avoir fait partie de cette expérience. Vous savez tous les trois ce que je pense de vous ! Vous resterez à jamais mes frères d'armes.

A **mon colloc' Julien**. T'es vraiment un **chef** ! Pas une seule prise de tête en deux ans de vie commune, cela prouve ta bonne humeur et ton optimisme. Tu as été le colloc' parfait. Un ami en or, la vie pour toi chef !

A **DX** mon binôme. Merci pour ces trois années passées à tes côtés à soigner consciencieusement et avec le plus grand sérieux les patients de l'Hôtel Dieu et Ranguel. J'en garde des souvenirs vraiment trop parfaits. Merci de m'avoir épaulé durant cette formation. On a tous besoin d'un bon **px** à ses côtés.

A **Labé**. Tu es l'ami parfait. Toujours présent pour bavarder, partir en voyage, squasher ou se taper un bon troquet. Ta présence au sein du groupe est primordiale ! Celle du **jumeau** avec modération également.

A **Suzon**. Merci pour tes valeurs et ton sens de l'amitié. C'est bon d'avoir un ami sur qui on peut toujours compter. Luchon, Sesquièrre, Val d'isère, tant de surnoms qui te vont si bien !

A **Tkich**, mon **quichon**. Spécialiste du béton pré-contraint, c'est toujours un plaisir de te retrouver pendant les vacances d'été ou les week-ends. Ton crâne de bébé me manque !

A **JB**, mon bon vieux jibster. Quel plaisir de te voir siroter ta bière et fumer ta guinze lunettes de soleil sur le nez. Change rien !

A **Boy**. Aussi bête que grand, tu me feras toujours autant marrer mon **couilla**.

A **TGB** pour tous ces bons moments, ces petites bouffes et tes bons whisky.

A **Pico**, mon **partnair**. Tu es hors-norme. Ta vie est un spectacle, merci d'exister.

A **Clementine**, **Anaïs**, et **Capucine**, les copines toujours bon public. Au moins je suis sur de beaucoup rigoler à vos côtés !

A **tous mes amis** : Joffrey, Hélène, Tatiana, Pauline G, Martos, Kévin, Zozo, Cremasty, JD, Céline, Morgane, Pierre-Henri, Tonton, Caroline R, Pauline V, Jeanne, Caroline D, Morey-tti, Marine, Léa, Olivier, Matthieu D, Paulo, JS, Papou ...

J'en oublie c'est sûr, merci à vous tous pour chaque moment de rire ou de pleur que j'ai pu partager avec vous. Que cela continue !

A **Henri Uthurriague** et **Timothée Montouroy**. Les amis d'enfance sont les meilleurs.

Aux familles **Uthurriague** et **Montouroy**, des familles dans lesquelles je me sens bien. Merci pour votre accueil.

A **toute l'équipe du cabinet dentaire 60 route d'Albi** :

- **David**, merci de m'avoir pris sous ton aile depuis mon premier jour de stage. C'est un plaisir de travailler avec toi maintenant. Toujours là pour me sortir du pétrin ou me remonter le moral. J'apprends beaucoup à tes côtés et je réalise la chance que j'ai d'avoir trouvé mon mentor. J'espère que cette aventure va continuer !
- **Albertine**, merci pour la confiance que tu m'accordes. Tu m'offres le confort dont tout nouveau dentiste rêve.
- **Marie-Line** et **Agnès**, merci à vous deux pour votre accueil au sein de l'équipe. « Un dentiste n'est rien sans son assistante », c'est vrai, je serais perdu sans vous au cabinet.

Au **clan de COC**. C'est bien drôle de jouer avec vous, et au final on passe pas mal de temps ensemble.

A toute l'équipe du bistrot des marchands. Avoir un troquet où l'on peut tous se retrouver autour d'une pression pour discuter, c'est obligatoire. Alors merci de nous accueillir toujours chaleureusement, et de nous recevoir pour la soirée de thèse.

A toutes les personnes présentes le jour de ma soutenance...merci.

A notre président de thèse

Professeur Serge ARMAND

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur en Sciences Odontologiques,
- Docteur d'Etat en Odontologie,
- Responsable du Diplôme d'Université d'Implantologie,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en acceptant de présider le jury de notre thèse. Veuillez trouver ici l'expression de notre plus profond respect pour la qualité de votre enseignement et de votre encadrement.

Soyez assuré de notre gratitude et de notre sympathie.

A notre jury de thèse

Professeur Damien DURAN

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur en Sciences Odontologiques,
- Habilitation à diriger des recherches (H.D.R.),
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,
- Chevalier dans l'ordre des Palmes Académiques,
- Expert près de la Cour d'Appel de Toulouse.

Vous avez accepté très naturellement de participer au jury de cette thèse. Nous vous remercions pour votre riche enseignement universitaire et clinique, votre disponibilité et vos conseils durant notre formation. Que ce travail soit l'occasion pour nous de vous témoigner notre sincère gratitude et notre profond respect.

A notre directeur de thèse

Docteur Pierre-Pascal POULET

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

Vous avez dirigé l'élaboration de cette thèse avec bienveillance. Vos nombreuses recommandations et votre écoute nous ont beaucoup aidé lors de la rédaction de ce travail. Que celui-ci soit pour vous la preuve de la reconnaissance et de l'estime que nous vous témoignons.

A notre jury de thèse

Docteur Antoine GALIBOURG

- Assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Master 1 : Biosanté,
- Ingénieur de l'Institut Catholique des Arts et Métiers,
- Diplôme d'Université d'Imagerie 3D

Nous vous remercions sincèrement pour la gentillesse avec laquelle vous avez accepté de siéger dans notre jury, pour votre riche enseignement universitaire et clinique, votre disponibilité et vos conseils durant notre formation.

Veillez trouver ici le témoignage de notre sympathie et de notre profond respect.

Table des matières

REMERCIEMENTS	
INTRODUCTION	17
I. ANATOMIE ET HISTOPHYSIOLOGIE DU SINUS MAXILLAIRE.....	18
A. DEVELOPPEMENT DU SINUS MAXILLAIRE.....	18
B. ANATOMIE DU SINUS MAXILLAIRE (35 ; 36 ; 27).....	19
1. Les parois.....	19
a) Paroi antéro-latérale	19
b) Paroi postéro-latérale	19
c) Paroi supérieure ou orbitaire	19
d) Paroi médiale.....	19
2. Le plancher du sinus ou bord inférieur.....	19
3. Configuration interne.....	20
4. Prolongements	20
5. Morphologie angulaire du sinus maxillaire (27)	20
C. VASCULARISATION ET INNERVATION DU SINUS MAXILLAIRE (35 ; 36 ; 27 ; 70)	20
1. Réseau artériel.....	20
2. Réseau veineux.....	21
3. Innervation	21
D. PHYSIOLOGIE OSSEUSE.....	21
E. PHYSIOLOGIE DE LA MEMBRANE SINUSIENNE.....	22
1. Composition.....	22
2. Organisation structurelle.....	22
3. Epaisseur de la membrane sinusienne (27).....	23
4. Influence de l'élévation sinusienne sur la physiologie sinusienne	23
II. INDICATIONS ET CONTRE-INDICATIONS DE LA CHIRURGIE DE COMPLEMENT	
SINUSIEN PAR VOIE LATÉRALE.....	24
A. INDICATIONS	24
B. CONTRE-INDICATIONS.....	29
1. Contre-indications générales (79).....	29
2. Contre-indications locales.....	29
C. LES COMPLICATIONS.....	30
III. LA TECHNIQUE CONVENTIONNELLE DE CHIRURGIE DE COMPLEMENT SINUSIEN	
PAR VOIE LATÉRALE	31
A. DEFINITION ET HISTORIQUE	31
B. L'APPAREILLAGE CONVENTIONNEL	31
C. PROTOCOLE CHIRURGICAL (4 ; 101 ; 27)	33
1. Anesthésie.....	33
2. Tracé d'incision.....	33
3. Soulevé du lambeau	34
4. Ostéotomie	34
a) Procédure avec conservation du volet (TATUM, 1986) (95).....	34
b) Procédure avec dépose du volet (TULASNE, 1993).....	35

5.	<i>Décollement de la membrane sinusienne</i>	35
6.	<i>Contrôle de la cavité</i>	35
7.	<i>Mise en place du greffon</i>	35
8.	<i>Sutures</i>	35
D.	MATERIAUX DE SUBSTITUTION OSSEUSE (21 ; 107).....	36
IV.	LA PIEZOCHIRURGIE	37
A.	HISTOIRE DE LA PIEZOCHIRURGIE	37
B.	L'EFFET PIEZOELECTRIQUE	38
C.	PRINCIPES DE LA PIEZOCHIRURGIE	40
1.	<i>Incision sélective</i>	40
2.	<i>Incision micrométrique et douce</i>	41
3.	<i>Effet de cavitation</i>	41
4.	<i>Respect de l'organisation tissulaire</i>	42
D.	L'APPAREILLAGE	43
1.	<i>L'appareil piézoélectrique</i>	43
2.	<i>Différents systèmes disponibles en piézochirurgie</i>	44
a)	Le Piezosurgery® de la société Mectron.....	44
❖	Le générateur Piezosurgery® :.....	44
❖	La pièce à main.....	45
❖	L'irrigation externe	45
❖	La pédale de commande.....	45
❖	Les inserts (122)	45
b)	Le Piezotome® de la société Actéon-Satelec.....	49
❖	Une pièce à main.....	49
❖	Un générateur de champ électrique.....	50
❖	Des inserts.....	51
V.	LA TECHNIQUE CHIRURGICALE DITE « PIEZOELECTRIQUE »	53
A.	CONTRE-INDICATIONS SPECIFIQUES.....	53
B.	PROTOCOLE CHIRURGICAL AVEC LA PIEZOCHIRURGIE (57 ; 105 ; 107 ; 109).....	53
1.	<i>Anesthésie</i>	53
2.	<i>Incisions</i>	53
3.	<i>Ostéotomie de la fenêtre osseuse</i>	53
4.	<i>Décollement de la membrane sinusienne</i>	54
VI.	CHIRURGIE PIEZOELECTRIQUE VERSUS CHIRURGIE CONVENTIONNELLE : QUEL CHOIX ?	57
A.	SECURITE PER-OPERATOIRE	57
1.	<i>Perforation de la membrane sinusienne</i>	57
a)	Les différents types de perforation.....	57
b)	Facteurs influençant le risque de perforation.....	59
❖	Septa d'Underwood.....	59
❖	Epaisseur de la membrane.....	59
❖	Epaisseur de la paroi osseuse antérolatérale	59
c)	Technique piézochirurgicale ou conventionnelle.....	60
d)	Risque d'échec implantaire (86 ; 93 ; 105).....	61
2.	<i>Risque hémorragique</i>	63

3. <i>Risque d'échauffement</i>	63
B. QUALITE DE COUPE	65
C. CICATRISATION (23 ; 57 ; 91 ; 111)	67
D. CONFORT POUR LE PATIENT	69
E. CONFORT POUR LE PRATICIEN	70
F. VISIBILITE OPERATOIRE	71
G. TEMPS OPERATOIRE	72
H. TABLEAU RECAPITULATIF.....	73
CONCLUSION	75
BIBLIOGRAPHIE	77

INTRODUCTION

Actuellement, la fiabilité des traitements implantaires n'est plus à démontrer. De nos jours, rares sont les cas d'édentement qui ne trouvent pas leur solution de réhabilitation prothétique.

L'utilisation de technologies avancées en perpétuelle innovation assure un excellent taux de succès implantaire.

Toutefois, des cas plus complexes créés par la localisation de l'édentement, et une résorption centripète défavorable de la crête alvéolaire au niveau du sinus maxillaire, imposent une prise en charge préalable au moyen de technologies et procédures plus lourdes. Ainsi, grâce à un support implantaire fiable, une restauration prothétique viable pourra être réalisée tant sur le plan biomécanique qu'esthétique.

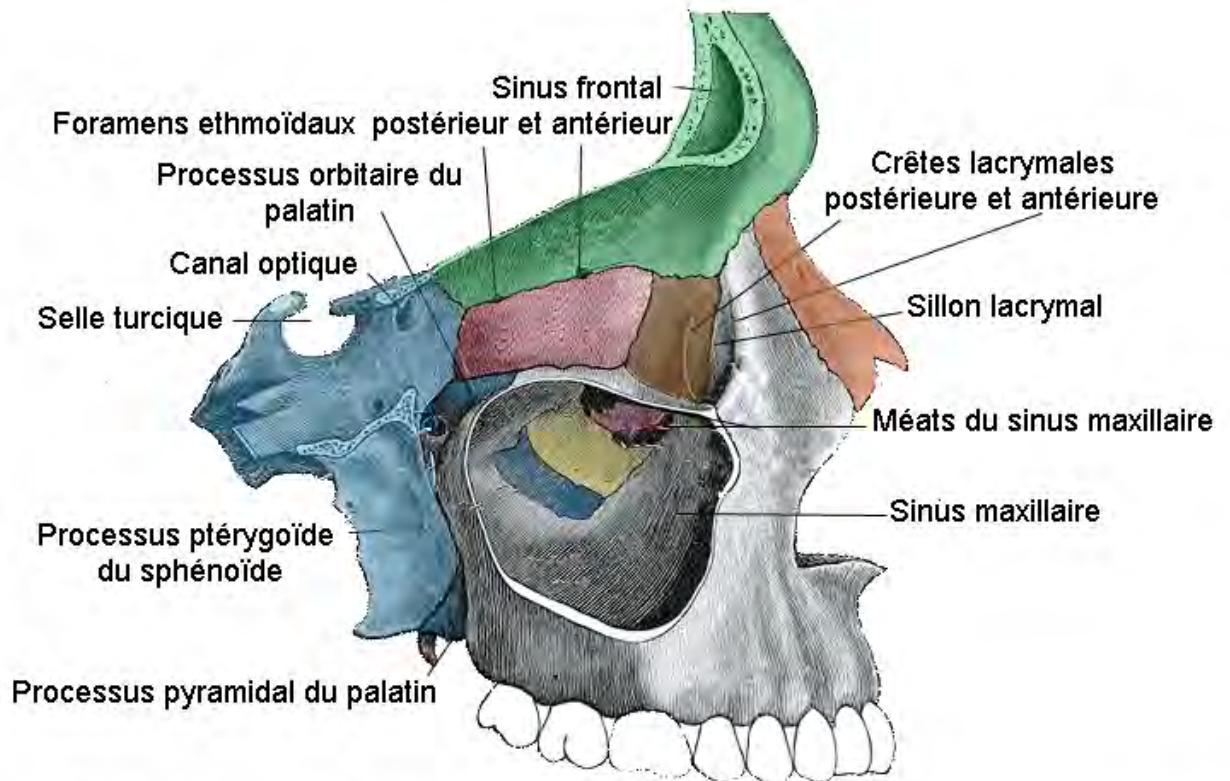
Depuis des dizaines d'années, de nombreuses techniques chirurgicales, ont été mises au point et pratiquées afin d'élever le bas fond sinusien et de placer des implants avec ou sans comblement osseux. Depuis 2001, le Pr Vercellotti décrit et utilise une technique ultrasonique, qui s'avère être une approche atraumatique de la chirurgie osseuse, et pouvant être menée au sein de petites structures comme les cabinets dentaires. La piézochirurgie, appliquée en l'occurrence aux élévations sinusiennes, semble obtenir les faveurs croissantes des différents auteurs dans la littérature internationale, malgré un recul clinique encore modéré.

Tout d'abord, nous ferons un bref rappel sur l'anatomie et l'histophysiologie du sinus maxillaire. Ensuite, nous verrons quelles sont les indications et les contre-indications d'une chirurgie de comblement de sinus par voie latérale. Dans un troisième temps, nous aborderons la technique conventionnelle de soulèvement de sinus, puis nous expliquerons ce qu'est la piézochirurgie et de quel matériel nous disposons aujourd'hui. Nous parlerons alors de la technique chirurgicale dite « piézoélectrique ».

Pour finir, nous tenterons de poser des critères de choix en ce qui concerne ces deux procédures.

I. ANATOMIE ET HISTOPHYSIOLOGIE DU SINUS MAXILLAIRE

Le sinus maxillaire, ou antre de Highmore, est une cavité pneumatique creusée dans le corps de l'os maxillaire. Situé latéralement à la cavité nasale, il communique avec ce dernier par l'ostium maxillaire.



Coupe sagittale paramédiane de l'orbite et du sinus maxillaire
partie droite vue de droite

Bleu clair: sphénoïde
Rose: ethmoïde

Bleu foncé: palatin
Marron: os lacrymal
Jaune: cornet inférieur

Gris: maxillaire
Orange: os propre du nez

Schéma de Berichard ; travail personnel d'après Gray's Anatomy public

A. DEVELOPPEMENT DU SINUS MAXILLAIRE

Le sinus maxillaire existe dès la douzième semaine de la vie foetale et se présente à la naissance sous la forme d'une petite évagination de la taille d'une lentille. A l'âge de cinq mois, il devient visible radiologiquement. Jusqu'à l'âge de douze ans, son volume croît très rapidement et suit l'évolution de l'os maxillaire ainsi que des dents. A 6 ans, la cavité prend sa

forme pyramidale, puis la croissance se fait plus lente, pour se stabiliser vers 15 ans avec l'éruption des deuxièmes molaires. (36)

Chez l'adulte, la taille du sinus est très variable et les sinus droit et gauche peuvent avoir des tailles très différentes chez le même individu avec, de manière générale, une capacité moyenne de douze centimètres cube. (35)

Le volume sinusien évolue avec le temps, surtout en fonction de la situation dentée locale. En effet, la perte d'une dent affaisse le plancher en direction coronaire. Ceci est induit par une résorption centripète de l'os alvéolaire. (27)

B. ANATOMIE DU SINUS MAXILLAIRE (35 ; 36 ; 27)

1. Les parois

a) Paroi antéro-latérale

De la forme d'un quadrilatère, légèrement excavée, elle est épaisse dans sa partie inférieure, et s'amincit rapidement jusqu'au rebord orbitaire inférieur. Elle présente la fosse canine et le foramen infra-orbitaire.

Le versant interne de la paroi est recouvert d'une membrane plus ou moins épaisse. Elle sera disséquée et soulevée lors de l'intervention de comblement sinusien par abord vestibulaire.

b) Paroi postéro-latérale

Généralement épaisse, elle contient le pédicule alvéolaire postéro-supérieur et correspond à la tubérosité maxillaire.

c) Paroi supérieure ou orbitaire

Particulièrement mince, elle a la forme générale d'un triangle à sommet postérieur dont la pointe est constituée par le processus orbitaire du palatin. Elle est creusée de la gouttière et du conduit infra-orbitaire.

d) Paroi médiale

Elle constitue la paroi externe des fosses nasales. Elle est largement échancrée et présente le canal ostial qui fait communiquer le sinus maxillaire avec la cavité nasale.

2. Le plancher du sinus ou bord inférieur

Il correspond à la partie la plus déclive du sinus maxillaire. Il forme une gouttière allongée dans le sens antéro-postérieur. Il est situé à 15 mm environ au-dessus du collet des

dents, les alvéoles dentaires y font une saillie plus ou moins marquée.

3. Configuration interne

La configuration interne du sinus est très variable. Le sinus peut être lisse et régulier, ou présenter des cloisons plus ou moins importantes pouvant aboutir à une séparation de la cavité sinusienne en deux ou plusieurs cavités.

Selon une étude, (83) dans 25 à 48% des cas, les sinus présentent au moins un septum. Lors du décollement de la membrane sinusienne, la présence de septa augmente le taux de perforation, jusqu'à atteindre 52%. (87)

4. Prolongements

Quand le sinus est très développé, il peut présenter des prolongements dans les os voisins. Il peut exister des prolongements zygomatique, frontal, postérieur et inférieur.

5. Morphologie angulaire du sinus maxillaire (27)

La morphologie angulaire du sinus est déterminée par deux angles formés par les parois respectives du sinus. Ces parois permettront d'anticiper la difficulté du décollement de la membrane sinusienne.

L'angle déterminé par les parois antérolatérale et interne peut être plus ou moins ouvert, en forme de U ou de V. Un sinus dont cet angle est en forme de V aura une membrane plus difficile à décoller qu'un sinus avec un angle en forme de U, toutes choses égales par ailleurs.

La paroi interne avec les deux sous-parties, la partie inférieure palatine et la partie supérieure en rapport avec le méat moyen, déterminent un autre angle qui peut être plus ou moins ouvert. Plus cet angle est obtus, plus le décollement sinusien sera simple, toutes choses égales par ailleurs.

C. VASCULARISATION ET INNERVATION DU SINUS MAXILLAIRE (35 ; 36 ; 27 ; 70)

1. Réseau artériel

La vascularisation du sinus maxillaire est assurée essentiellement par différentes branches collatérales de l'artère maxillaire complétées par les rameaux ethmoïdaux de l'artère ophtalmique.

L'artère alvéolaire postéro-supérieure est le vaisseau le plus important. Elle pénètre à mi-hauteur de la tubérosité maxillaire et chemine sur la face latérale du sinus maxillaire pour se terminer sur la paroi antéro-latérale. Elle se voit souvent en transparence de la corticale osseuse.

L'artère infra-orbitaire qui chemine dans le plancher de l'orbite assure essentiellement la vascularisation du toit du sinus et de sa partie antéro-latérale.

L'artère palatine descendante donne des rameaux à la partie postérieure de la paroi médiale du sinus.

Les artères ethmoïdales antérieure et postérieure participent à la vascularisation de la partie supérieure de la cloison médiale.

2. Réseau veineux

Le réseau veineux sous-muqueux se jette, pour la paroi interne dans la veine sphéno-palatine et pour les autres parois, dans le plexus ptérygoïdien.

3. Innervation

L'innervation du sinus maxillaire provient du nerf maxillaire qui donne naissance au nerf infra-orbitaire.

Les nerfs alvéolaires postéro-supérieur et moyen (branches du nerf infra-orbitaire) assurent la majorité de l'innervation sensitive de la muqueuse du sinus maxillaire.

D. PHYSIOLOGIE OSSEUSE

Le tissu osseux permet d'assurer différents rôles dans l'organisme. Tout d'abord, un rôle de soutien (support des tissus mous, point d'attache des ligaments,...), un rôle de protection (des organes internes), un rôle dans les mouvements (lors de la contraction des muscles squelettiques), mais aussi un rôle dans la formation des cellules sanguines, qui sont formées lors de l'hématopoïèse au sein de la moelle rouge. Enfin, il a un rôle primordial dans le métabolisme phosphocalcique.

En implantologie, l'identification de la densité osseuse est le plus souvent basée sur la classification de Lekholm et Zarb (1988) qui répertorie quatre types de densité osseuse :

(61)

Type I	Très forte densité osseuse et corticale épaisse ; l'os est composé presque entièrement d'os compact et homogène
Type II	Forte densité osseuse ; une couche épaisse d'os compact entoure un noyau d'os spongieux dense
Type III	Densité osseuse moyenne ; corticale fine et os spongieux dense de résistance favorable
Type IV	Densité osseuse faible ; corticale fine voire absente et os spongieux

La structure osseuse au niveau du plancher du sinus fait qu'il est impossible pour lui de subir des contraintes mécaniques importantes. En effet, l'os maxillaire postérieur est un os essentiellement de type IV.

E. PHYSIOLOGIE DE LA MEMBRANE SINUSIENNE

1. Composition

Les parois du sinus maxillaire sont tapissées d'une fine muqueuse de type respiratoire très adhérente à l'os sous-jacent, qui est constituée d'un épithélium cylindrique pseudo-stratifié cilié comportant des cellules caliciformes. Sous cet épithélium, on retrouve un chorion richement vascularisé contenant des glandes séreuses et muqueuses. La plupart sont des glandes muqueuses qui sécrètent du mucus venant s'ajouter à celui que sécrètent les cellules caliciformes de l'épithélium de revêtement. L'épithélium s'appuie également sur une fine couche de fibres élastiques en rapport avec le périoste sous-jacent. La faible quantité de fibres élastiques explique l'aisance avec laquelle il est possible de la détacher de la paroi osseuse. (27)

Les principales fonctions des cellules de la muqueuse sinusienne sont la filtration, le réchauffement et l'humidification de l'air inhalé.

Elle est en continuité et de même nature que la muqueuse respiratoire des fosses nasales, cependant elle s'en différencie par :

- la rareté des glandes séro-muqueuses ;
- sa minceur et sa fragilité à l'état physiologique : en cas de pathologie, soit elle devient très fine et très fragile, soit elle s'épaissit ;
- sa vascularisation moins importante.

2. Organisation structurelle

La muqueuse sinusienne assure des rôles importants tels que :

- l'immunité du milieu sinusien physiologiquement stérile, obtenue et conservée par des mécanismes de protection en veille (macrophages, lymphocytes), capables d'être activés à tout moment ;
- le mouvement muco-ciliaire, qui assure le drainage du mucus sécrété par la muqueuse sinusienne. En effet, cils et mucus forment une véritable entité fonctionnelle ;
- la capacité de résorption osseuse par la présence d'ostéoclastes qui, lors des phases pathologiques inflammatoires ou infectieuses, ou de phases physiologiques défavorables (variation de pression intra sinusienne, variation de contraintes), vont s'activer et entraîner une résorption osseuse maxillaire.

L'épithélium cilié nettoie le fluide sinusien par mouvement antigravitationnel. En effet, l'ostium naturel facilite le drainage du fluide sinusien dans le méat nasal moyen, placé en position supérieure. Lorsque le sinus est sain, la clairance muco-ciliaire se répartit sur le plancher sinusien en étoile, monte le long des parois sinusiennes et franchit l'ostium.

(94 ; 49 ; 75)

3. Epaisseur de la membrane sinusienne (27)

L'épaisseur de la membrane est très variable entre les individus, elle peut être fine, normale, épaisse ou hypertrophique.

Typiquement elle varie entre 0,3 et 1,3 mm. (68)

Selon une étude portant sur 20 patients (1) il semblerait qu'une corrélation puisse exister entre l'épaisseur de la membrane sinusienne et le phénotype gingival.

4. Influence de l'élévation sinusienne sur la physiologie sinusienne

Une élévation sinusienne n'interfère en général avec aucune fonction sinusienne lorsqu'elle est pratiquée sur un sinus sain.

(80 ; 119)

Une étude menée en 2003 par Timmenga (97), s'intéresse aux effets des élévations sinusiennes (avec greffe d'os autogène) sur la physiologie du sinus maxillaire. Elle montre que l'influence d'une telle procédure ne semble pas avoir de conséquences cliniques ou physiologiques chez les patients ne présentant pas de signe de pathologie sinusienne déjà existante. En effet, la chirurgie d'élévation sinusienne semble n'avoir que peu d'influence sur les caractéristiques histologiques de la muqueuse de la membrane sinusienne ni sur la physiologie du sinus maxillaire si cette dernière est réalisée dans de bonnes conditions et sans perforation de la membrane.

Cette étude permet de conclure que l'élévation du plancher sinusien avec greffe d'os autogène est une procédure bien établie avec seulement un minimum d'effets sur la physiologie du sinus maxillaire, n'engendrant pas de pathologies consécutives.

Cependant, la technique chirurgicale doit être parfaitement maîtrisée car même si le taux de succès est important la perforation de la membrane sinusienne en reste la plus fréquente complication.

Nous verrons plus tard les différentes complications possibles lors d'une chirurgie de comblement sinusien.

En plus de la technique opératoire, les matériaux utilisés et implantés lors de la chirurgie doivent présenter certains critères comme la biocompatibilité, le faible potentiel allergique et cancérogène, ainsi qu'une résistance importante à la déformation et à la résorption. (47)

II. INDICATIONS ET CONTRE-INDICATIONS DE LA CHIRURGIE DE COMPLEMENT SINUSIEN PAR VOIE LATERALE

A. INDICATIONS

Du fait d'une qualité moindre de l'os maxillaire au niveau postérieur, la perte des dents dans ce secteur s'accompagne le plus souvent d'une résorption osseuse centripète au niveau crestal (3 ; 90) et d'une pneumatisation ou développement centrifuge du sinus maxillaire. (117)

La résultante de ce phénomène physiologique réduit de façon significative la hauteur osseuse résiduelle sous-sinusienne. (2)

Cette insuffisance osseuse verticale maxillaire constitue un obstacle à une réhabilitation de la crête édentée par une prothèse implanto-portée.

Un examen clinique complet doit être réalisé afin d'évaluer l'étendue de la perte osseuse. Il s'agit notamment au cours de cet examen d'évaluer la hauteur, la largeur et la densité de l'os résiduel avant la réalisation du traitement. (8)

La **classification de Misch**, 1987, permet d'évaluer la hauteur disponible sous le sinus. Cette classification est basée sur la division en quatre parties de la hauteur résiduelle de l'os, du sommet de la crête jusqu'au plancher du sinus. (67)

	HAUTEUR RESIDUELLE	PROCEDURE APPROPRIEE
SA-1 (Sub Antral 1)	Supérieure ou égale à 12 mm	Pose d'implant sans augmentation de hauteur d'os
SA-2 (Sub Antral 2)	Entre 8 et 12 mm	Pose d'implant associée à un soulevé préalable par la technique par voie crestale (technique impactée par voie alvéolaire)
SA-3 (Sub Antral 3)	Entre 5 et 8 mm	Pose d'implant en même temps qu'un comblement sinusien par voie latérale, si et seulement si la stabilité primaire est assurée
SA-4 (Sub Antral 4)	Inférieure à 5 mm	Technique en deux temps : - tout d'abord un comblement et soulevé de sinus par voie latérale ; - puis une implantation différée

En 1999, Misch prend en considération un autre paramètre, celui de la largeur du sinus qui va affiner les délais de cicatrisation. (66)

Jensen en 1999 (48), propose une classification des sites implantaire sous sinusiens en fonction de l'os résiduel.

	OS RESIDUEL	PROCEDURE APPROPRIEE
Classe A	10mm et plus d'os résiduel, soit 100% de l'implant dans de l'os natif pour un implant de 10mm	Mise en place de l'implant pouvant être associée à une ostéotomie
Classe B	7 à 9mm d'os résiduel, soit 70 à 90% de l'implant dans de l'os natif pour un implant de 10mm	
Classe C	4 à 6mm d'os résiduel, soit 40 à 60% de l'implant dans de l'os natif pour un implant de 10mm	Volet latéral avec greffe osseuse associée à une membrane. La pose d'implant peut être différée ou immédiate
Classe D	1 à 3mm d'os résiduel, soit 10 à 30% de l'implant dans de l'os natif pour un implant de 10mm	Volet latéral avec greffe osseuse associée à une membrane. On diffère systématiquement la pose d'implant
Classe E	Absence ou ablation du sinus	

En 2003, **Chiapasco** propose une classification qui prend en considération, en plus de la hauteur et de la largeur osseuse sous-sinusienne résiduelle, le rapport inter-arcade et plus précisément l'espace prothétique (22 ; 2) :

	Hauteur de l'os alvéolaire	Largeur de l'os alvéolaire	Atrophie horizontale	Atrophie verticale	Technique opératoire
Classe A	4-8 mm	> 5 mm	non	non	Comblement de sinus par voie crestale ou latérale. Implantation simultanée
Classe B	4-8 mm	< 5 mm	oui	non	Comblement de sinus avec greffe osseuse en onlay ou une régénération osseuse guidée (ROG)
Classe C	< 4 mm	> 5 mm	non	oui	Comblement de sinus par voie latérale. Implantation retardée
Classe D	< 4 mm	< 5 mm	oui	oui	Comblement de sinus avec greffe osseuse en onlay ou une régénération osseuse guidée
Classe E	Classe A avec une résorption du processus alvéolaire résultant en une hauteur inter-arcade augmentée.				- Greffe osseuse verticale en onlay avec prélèvement autogène - Greffe osseuse d'interposition maxillaire - ROG verticale - Distraction osseuse verticale - Si le volume osseux n'est toujours pas adéquat pour la pose d'un implant on réalisera un comblement sinusien
Classe F	Classe B avec une résorption du processus alvéolaire résultant en une hauteur inter-arcade augmentée.				- Greffe osseuse en onlay verticale et horizontale avec prélèvement autogène - ROG verticale et horizontale

		- Greffe osseuse d'interposition maxillaire sans soulevé de sinus
Classe G	Classe C avec une résorption du procès alvéolaire résultant en une hauteur inter-arcade augmentée.	- Comblement de sinus par voie latérale combiné à une greffe osseuse en onlay verticale avec un prélèvement autogène - Comblement de sinus par voie latérale combiné à une ROG verticale
Classe H	Classe D avec une résorption du procès alvéolaire résultant en une hauteur inter-arcade augmentée	- Comblement de sinus par voie latérale combiné à une greffe osseuse en onlay verticale et horizontale avec un prélèvement autogène - Comblement de sinus par voie latérale combiné à une ROG verticale et horizontale
Classe I	Résorption sévère tridimensionnelle du maxillaire postérieur associée à une hauteur inter-arcade importante, une rétrognathie maxillaire, une résorption horizontale résultant d'un décalage inter-arcade transversal et une morphologie plate du maxillaire	Ostéotomie type Lefort I et reconstruction osseuse par un greffon d'origine fémorale revascularisé

La **classification de Simion** en 2004 propose une classification de la résorption des maxillaires postérieurs afin d'orienter les propositions thérapeutiques concernant la ROG et la greffe de sinus. (2)

	Distance crête osseuse- Jonction Email Cément de la dent adjacente à l'édentement	Hauteur osseuse résiduelle	Technique opératoire
Classe A	3 mm	> 6-7 mm	Pose d'implant selon le protocole classique
Classe B	3 mm	< 6-7 mm	Comblement sinusien avec ou sans pose simultanée d'implant
Classe C	> 3 mm	> 6-7 mm	ROG verticale
Classe D	> 3 mm	< 6-7 mm	Comblement de sinus associé à une ROG verticale

Concernant la densité osseuse, en implantologie, on utilise régulièrement la **classification de Lekholm et Zarb** (1988) qui répertorie quatre types de densité osseuse (61) :

Type I	Très forte densité osseuse et corticale épaisse ; l'os est composé presque entièrement d'os compact et homogène
Type II	Forte densité osseuse ; une couche épaisse d'os compact entoure un noyau d'os spongieux dense
Type III	Densité osseuse moyenne ; corticale fine et os spongieux dense de résistance favorable
Type IV	Densité osseuse faible ; corticale fine voire absente et os spongieux

B. CONTRE-INDICATIONS

Les contre-indications peuvent se révéler définitives, conduisant à un refus de réaliser la greffe et à proposer une autre alternative thérapeutique. Elles peuvent cependant être temporaires et conduire à un délai d'attente préopératoire.

Une visite chez l'oto-rhino-laryngologue (ORL) est fortement recommandée avant une intervention de comblement sinusien.

1. Contre-indications générales (79)

On regroupe sous cette dénomination les patients présentant un état général tel que l'intervention serait vouée à l'échec, et les patients chez lesquels une telle intervention chirurgicale entraînerait une aggravation de leur état général :

- risque infectieux spécifique : valvulopathie cardiaque à risque d'endocardite (5e conférence de consensus en thérapeutique anti-infectieuse 1992, révision HAS 2002) ;
- hémopathie ;
- hémophilie ;
- agranulocytose ;
- cancer évolutif ;
- leucémie aigue ;
- infarctus récent, datant de moins de 6 mois. Si la pathologie cardiaque est stabilisée, la chirurgie n'est pas contre indiquée ;
- patient mineur de moins de 16 ans correspondant à la fin de la croissance osseuse (bien que des observations cliniques montrent que la croissance faciale continue bien après, il faut déterminer une limite d'âge pour traiter).

2. Contre-indications locales

Elles sont généralement en rapport avec une pathologie sinusienne.

La présence d'une tumeur, d'une sinusite chronique, d'un antécédent chirurgical d'assainissement du sinus, de signes cliniques inflammatoires et/ou infectieux, imposent le report de l'intervention jusqu'à la prise en charge thérapeutique du patient. (89)

La radiothérapie cervico-faciale est une contre-indication en raison du risque de radionécrose. Dans certains cas particuliers, le projet implantaire peut être discuté si la dose totale d'irradiation ne dépasse pas 60 Gray. (5)

De plus, des conditions d'occlusion défavorable, un espace libre prothétique insuffisant ainsi qu'une hygiène buccodentaire négligée ou sans motivation, constituent des contre-indications au comblement sinusien. (89)

C. LES COMPLICATIONS

Il existe de nombreuses complications (immédiates, médiales ou tardives) pouvant survenir pendant ou après un comblement sinusien.

Ces différentes complications seront abordées lors de notre dernière partie concernant le choix de la technique chirurgicale.

Ces risques concernent la perforation de la membrane sinusienne, l'hémorragie per ou post-opératoire, la difficulté de cicatrisation, l'échauffement osseux per-opératoire conduisant à une ostéonécrose, l'échec implantaire ou encore les fractures osseuses.

III. LA TECHNIQUE CONVENTIONNELLE DE CHIRURGIE DE COMPLEMENT SINUSIEN PAR VOIE LATERALE

A. DEFINITION ET HISTORIQUE

La chirurgie d'élévation sinusienne se pratique en préalable ou lors de la pose d'un implant au maxillaire, en regard du sinus, lorsque la hauteur d'os résiduelle est faible. Elle doit permettre, dans une zone où souvent la hauteur d'os alvéolaire est insuffisante, d'augmenter cette hauteur. On pourra pour cela utiliser des matériaux de substitution osseux, qui seront placés sous la membrane sinusienne soulevée, et autour des implants si ces derniers sont mis en place dans le même temps chirurgical, afin d'obtenir une stabilité primaire nécessaire au succès implantaire.

Plusieurs descriptions de l'abord chirurgical ont été faites, la plus ancienne par Caldwell en 1983 (18) qui décrit la trépanation sinusienne par la fosse canine. Quelques années plus tard, le français Luc décrit à son tour la même technique (62), ce qui donnera le nom de la manœuvre de Caldwell-Luc.

Ce sont Boyne et James qui décrivent pour la première fois en 1980 la chirurgie sinusienne à visée implantaire : il s'agit d'une fenêtre osseuse ovale en regard de la fosse canine, suivie du décollement de la membrane sinusienne et d'un comblement avec un mélange d'os autogène et d'hydroxyapatite. (17)

Tatum en 1986 réalise pour la première fois des complements sinusiens par voie cretale, puis par voie vestibulaire, et publie ses résultats présentant un recul clinique de 10 ans. (95)

B. L'APPAREILLAGE CONVENTIONNEL

On pourra utiliser la scie diamantée pour marquer le cadre général du volet, puis la fraise boule diamantée de diamètre 1,7 millimètre pour réaliser l'ostéotomie plus en profondeur et marquer un sillon qui sera par la suite élargi afin de libérer un espace suffisant pour passer les curettes. La paroi peut être érodée à l'aide du bone scraper ou d'un grattoir à os. Récemment, une boîte de trépan et de scies en cloche a été développée pour accéder à la membrane sinusienne. (32)

Les instruments employés dépendent de l'opérateur, selon qu'il désire découper le volet osseux ou l'éroder.

Afin de désolidariser le volet osseux le chirurgien dentiste pourra utiliser un burin et un maillet. Cependant cette méthode est qualifiée de trop brutale et n'est que très rarement

utilisée.

Enfin, des décolleurs à extrémité adoucie serviront pour le décollement de la membrane sinusienne. Ces curettes manuelles sont nombreuses et de formes variables. Elles sont censées répondre à l'ensemble des besoins lors de la dissection de la membrane de toutes les parois nécessaires à son élévation.



Bone scraper « humanus dental »



Fraise boule diamantée « komet »



Curettes pour le décollement de la membrane sinusienne

C. PROTOCOLE CHIRURGICAL (4 ; 101 ; 27)

La procédure consiste à créer une fenêtre dans la paroi antérolatérale du sinus, cette fenêtre pouvant être, soit réclinée horizontalement dans l'antre pour servir de toit à la cavité ainsi créée qui recevra du matériau de comblement, soit déposée.

Le protocole opératoire est le suivant :

1. Anesthésie

En cas de greffe au fauteuil, l'anesthésie sera locale ou locorégionale, par une infiltration classique associée à un vasoconstricteur qui permettra de limiter le saignement. On effectue donc une anesthésie de type para-apicale au niveau du vestibule, suivie d'un complément palatin. On y ajoute une anesthésie locale de la région crestale et papillaire en présence de dents. (2)

La quantité de produit anesthésique varie selon la durée de l'intervention et selon la morphologie du patient. En moyenne, trois à quatre carpules d'articaine quatre pour cent adrénalinée à 1/200000 sont injectées pour cette chirurgie.

2. Tracé d'incision

Des incisions permettront de limiter un lambeau d'accès qui dégagera suffisamment la crête osseuse et la paroi antérolatérale du maxillaire tout en se situant à distance de la fenêtre osseuse. Avant de réaliser le tracé d'incision, plusieurs facteurs doivent être pris en considération. La position du sinus maxillaire ainsi que sa taille doivent être connues, ce qui nous donnera la position idéale de l'ostéotomie. On doit également connaître la position et la quantité de gencive kératinisée, le nombre de dents adjacentes, et savoir si il y aura une association ou non de technique de régénération osseuse guidée. (2)

Différentes techniques d'incision existent selon le protocole (implantation simultanée ou différée). Nous décrirons le tracé en forme de U, simple et reproductible, composé de trois incisions :

- une incision crestale, légèrement palatine horizontale d'épaisseur totale, s'étendant de la région rétro-molaire (en arrière de la tubérosité maxillaire) à la fosse canine, tout en respectant l'artère palatine. Cette incision est de l'ordre de 3 ou 4cm ;
- deux incisions verticales de décharge, divergentes vers le haut, à chaque extrémité de l'incision horizontale :
 - la décharge mésiale devrait se situer de préférence en distal de la canine afin d'éviter le plexus infra-orbitaire. Elle devrait également éviter la dent bordant l'édentement afin de ne pas endommager la papille et pourrait être décalée d'une dent si le sinus est proche de cette dent ;
 - la décharge distale peut être soit évitée, soit réduite à la gencive kératinisée.

3. Soulevé du lambeau

On effectue une élévation du lambeau mucoperiosté vers le fond du vestibule jusqu'à obtenir une visibilité correcte de la paroi latérale du maxillaire. On écarte alors ce lambeau au delà du niveau supérieur du futur volet osseux. Le décollement peut être fait en épaisseur partielle permettant de préserver au maximum l'apport vasculaire pour la crête édentée.

Le décollement du lambeau doit se faire le plus proprement possible afin d'éviter la déchirure du périoste pour favoriser une meilleure cicatrisation et contrôler l'hémostase.

4. Ostéotomie

Afin de déterminer le contour du volet, on s'appuie sur :

- Le bilan préopératoire, notamment le bilan radiologique, qui détermine l'épaisseur de la paroi latérale ainsi que le niveau du fond du sinus, la limite inférieure devant se situer à 2-3mm au dessus de ce fond sinusien.
- La palpation compressive directe sur l'os vestibulaire qui, lorsqu'il est fin, met en évidence une élasticité.
- La percussion à la recherche d'une sonorité tympanique.
- Des repères anatomiques :
 - Fosses canines vers l'avant ;
 - Rebord alvéolaire vers le bas ;
 - Apophyse pyramidale du zygomatique en haut et en arrière ;
 - Le rebord orbitaire avec le foramen infra-orbitaire 5mm en dessous.

Le tracé d'ostéotomie est réalisé à l'aide d'une fraise boule en carbure de tungstène de deux millimètres de diamètre sous irrigation, l'essentiel étant de préserver l'intégrité de la membrane sous-jacente.

a) *Procédure avec conservation du volet (TATUM, 1986) (95)*

Le volet bascule vers l'intérieur du sinus, créant ainsi le toit de la greffe osseuse. Plusieurs formes existent :

- La forme en U présentant un bord horizontal inférieur et deux bords verticaux parallèles ;
- La forme rectangulaire ou trapézoïdale ;
- La forme ovale, sans angles vifs, afin de ne pas léser la membrane.

On réalise ensuite la luxation interne de la fenêtre avec un petit burin et un maillet, et à l'aide de la pression digitale du praticien : la fenêtre osseuse forme ainsi le toit de la greffe et laisse apparaître la muqueuse sinusienne de couleur blanc grisâtre se tendant et se détendant à chaque inspiration.

b) Procédure avec dépose du volet (TULASNE, 1993)

Cette technique permet de loger un greffon osseux pariétal qui formera le toit de la greffe osseuse. Le volet osseux sinusien pourra être réduit à l'aide d'un broyeur à os afin de servir de matériau de comblement.

5. Décollement de la membrane sinusienne

Cette étape sensible est réalisée délicatement et graduellement à l'aide d'instruments spécifiques (curette sinusienne et décolleur mousse) à courbure variable.

Les curettes doivent rester en contact permanent avec les parois osseuses, la partie convexe de la curette doit être dirigée en permanence vers la muqueuse du sinus. Le décollement se fait de part en part en donnant au fur et à mesure de la laxité à la muqueuse. Tout ceci ayant pour but de réduire au maximum les risques de perforations de la membrane sinusienne.

En effet, ce décollement peut être compliqué en cas :

- D'adhérence de la membrane sinusienne au niveau d'un site d'extraction récent ;
- De la cloison interne osseuse dans le sinus ;
- De prolongement sinusien antérieur et postérieur.

La membrane sinusienne peut être protégée par :

- Le volet osseux ;
- Une membrane résorbable pour éviter une perforation lors des manipulations.

Les limites du décollement sont celles du projet implantaire, il est inutile de décoller au-delà de la position des implants prévus. En revanche, il est important de décoller la membrane au niveau de sa paroi mésiale afin d'exploiter son pouvoir ostéogénique et d'éviter un « cul-de-sac » qui pourrait empêcher un drainage adéquat du sinus maxillaire. (2)

6. Contrôle de la cavité

Après la préparation de la membrane sinusienne, il faut contrôler la cavité et en particulier l'intégrité de la muqueuse sinusienne. Cette dernière peut se contrôler en observant la mobilité de la membrane en fonction du rythme respiratoire du patient.

7. Mise en place du greffon

Le comblement osseux peut alors être réalisé tout en s'assurant de ne pas léser la membrane sinusienne.

8. Sutures

La fenêtre latérale peut être recouverte d'une membrane résorbable ou non résorbable. Le lambeau d'épaisseur totale est rabattu : le périoste est ainsi appliqué sur le greffon ce qui

permet une bonne protection du greffon et un apport vasculaire. On suture de façon hermétique avec des points séparés ou un surjet sur la crête.

L'incision de décharge mésiale, en grande partie dans la muqueuse alvéolaire, est suturée avec des points discontinus par un fil de taille 6/0, ceci permettant un meilleur rendu esthétique.

Le temps de cicatrisation est de 4 à 6 mois.

D. MATERIAUX DE SUBSTITUTION OSSEUSE (21 ; 107)

Pour les élévations sinusiennes, le matériau de greffe peut être :

- Os autogène, d'origine intra-orale :
 - Soit sous forme de bloc autogène, prélevé sur la branche montante de la mandibule, en zone rétromolaire ou au niveau de la symphyse mentonnière ;
 - Soit sous forme de broyat osseux ;
- Os broyé d'origine extra-orale, prélevé le plus souvent sur la corticale de l'os iliaque, sous forme d'os minéralisé.
- Greffon allogénique, en bloc ou en poudre ;
- Matériau d'origine animale, sous forme d'os minéralisé ;
- Matériau d'origine synthétique, formulation de calcium et de phosphates sous diverses formes céramiques ou autres, souvent mélangé à de l'os prélevé sur le patient ;
- Matériau d'origine mixte, animale et synthétique.

Le matériau doit idéalement répondre aux qualités suivantes :

- Maintenir mécaniquement la membrane en position haute ;
- Permettre la stabilisation tridimensionnelle du caillot sanguin ;
- Permettre la stabilisation ostéogénique ;
- Empêcher la réexpansion du sinus ;
- Accélérer la vitesse de régénération et améliorer la qualité de l'os régénéré.

IV. LA PIEZOCHIRURGIE

A. HISTOIRE DE LA PIEZOCHIRURGIE

Le mot « piézochirurgie » provient du verbe grec « piezein », signifiant « comprimer ».

L'effet piézoélectrique a été découvert dès 1880, par les physiciens Pierre et Jacques Curie, en collaboration avec Gabriel Lippmann.

C'est en 1953, que Catuna publie un premier rapport de l'effet de l'utilisation des ondes de hautes fréquences sur les tissus dentaires, en endodontie et en parodontologie. (93)

Plus tard en 1974, Volkov and Shepeleva vont également exposer un article sur la capacité de coupe de l'effet piézoélectrique sur les tissus durs. (113)

En 1975 et 1981 Horton proposa une étude sur l'utilisation des instruments ultrasoniques pour la réalisation d'ostéotomies. Il en arrive à la conclusion qu'il est possible de réaliser des ostéotomies de façon simple et précise avec des ultrasons. De plus, lors de son étude il observe que les instruments ultrasoniques permettent une cicatrisation osseuse rapide avec la présence de lacunes de formations ostéoïdes en surface. (45 ; 46)

En 1997 les ultrasons sont réutilisés pour des actes de chirurgie buccale. A cette époque, Vercellotti tente l'utilisation des instruments ultrasoniques pour réaliser l'avulsion d'une canine ankylosée. L'auteur constate alors les limites de cette instrumentation en chirurgie osseuse, comme l'inefficacité de coupe et la nécrose osseuse due à l'élévation de température. (51 ; 52)

C'est ainsi que, dès 1998, Vercellotti invente un nouvel instrument piézoélectrique destiné à la chirurgie osseuse : le Mectron Piezosurgery® mis sur le marché par la société Mectron Medical Technology.

Il donne le nom de piezosurgery® à la chirurgie osseuse piézoélectrique moderne. (104 ; 108 ; 109)

La chirurgie osseuse piézoélectrique connaît donc un essor en 1998. A cette même date viennent s'ajouter les travaux de Torella et coll. sur le premier cas d'élévation du plancher du sinus maxillaire par voie d'abord latérale à l'aide d'une instrumentation ultrasonique. (98)

B. L'EFFET PIEZOELECTRIQUE

La piézoélectricité a été mise en évidence en 1881 par Pierre et Jacques Curie. Selon eux, l'application des forces de compression sur certains corps solides, quartz ou céramique, qui sont des cristaux taillés, engendrerait une décharge électrique : on parle **d'effet piézoélectrique direct**. Autrement dit, la piézoélectricité est la propriété de certains corps de se polariser électriquement sous l'action d'une force. Des charges vont ainsi apparaître sur les faces du cristal. On peut citer comme matériaux piézoélectriques : le quartz, la topaze, la tourmalite, la berlinite, ou encore la céramique. (120)

Lorsque ces mêmes corps sont soumis à un champ électrique, ils se déforment (dilatation, contraction) : c'est **l'effet piézoélectrique indirect**. Les physiciens Pierre et Jacques Curie ont montré que le quartz soumis à une tension électrique, vibre à une fréquence très stable et bien définie.

Si le courant utilisé est alternatif, alors nos cristaux s'étireront et se rétracteront en alternance. Enfin, si ce courant est alternatif de moyenne fréquence, nos cristaux subiront alors des oscillations mécaniques de moyenne fréquence : et ce sont ces vibrations de moyenne fréquence qui généreront des ondes ultrasonores dans les gaz et les liquides.

Dans la pratique, les cristaux de quartz ont été abandonnés depuis longtemps pour les applications médicales de la piézoélectricité. On leur préfère les pastilles de céramique piézoélectrique à base de titanate de Baryum ou équivalent, dont les résistances aux vibrations et les fréquences de résonance sont mieux adaptées aux applications cliniques.

Ainsi, en transmettant les déformations du cristal à l'extrémité travaillante de type insert ou lime, nous obtenons un instrument où les oscillations sont contrôlées par un champ électrique dont la finesse de réglage peut être modifiée à volonté.

De plus, si la polarité du champ électrique change périodiquement, ces matériaux rentrent en vibration : celles-ci peuvent être amplifiées et transmises aux solides et aux liquides. (93) Les appareils dits piézoélectriques se fondent sur la technologie ultrasonique, qui permet d'obtenir un effet tranchant capable de différencier les tissus durs des parties molles. (73)

En effet, les ultrasons sont des ondes mécaniques inaudibles et biologiquement inoffensives (dont la fréquence de sons est supérieure à 20 000 Hertz), qui, par un simple phénomène d'agitation, peuvent induire la désorganisation et la fragmentation de toutes les interfaces entre deux corps de natures différentes : les vibrations ultrasonores permettent aisément le clivage des interfaces solide-solide (par vibration différentielle) et solide-liquide (par cavitation).

Les applications de telles propriétés sont nombreuses : médicales, métallurgie, aviation, marine, pêche, contrôle à distance. (121 ; 34 ; 58 ; 59 ; 84)

Les fréquences utilisées lors d'une chirurgie piézoélectrique sont situées entre 20 et 40 kHz.

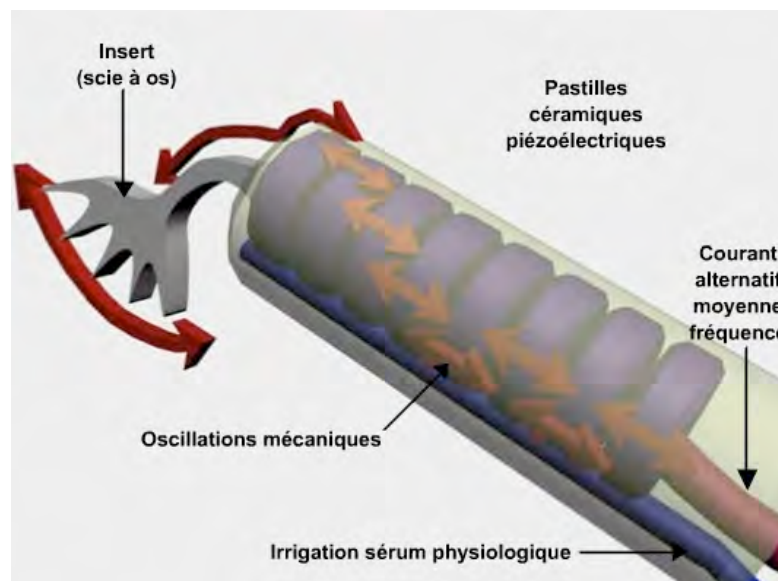
Elles diminuent en appliquant l'insert contre une surface. La fréquence de résonance peut être modulée, ce qui permet au praticien d'ajuster la capacité de coupe de l'insert en fonction de l'acte, mais aussi en fonction du degré de minéralisation osseuse. (103 ; 61)

A ces fréquences, seuls les tissus minéralisés peuvent être coupés.

Les ondes se déplacent longitudinalement dans le milieu et sont reflétées et absorbées à l'interface des différentes surfaces rencontrées. (75 ; 101)

L'amplitude de vibration dépend de l'insert, du transducteur, et de la puissance du générateur. De sa valeur en microns va dépendre l'impact sur les tissus. (60 ; 84)

Cette amplitude peut varier de 30 à 200 μm , et permet à la piézochirurgie d'avoir une précision micrométrique. (20)



Bistouri piézoélectrique d'après (60)

En conclusion, un générateur produit un courant alternatif de moyenne fréquence, ce dernier est transmis à un transducteur (pièce à main contenant des pastilles de céramique) qui va produire des oscillations mécaniques par le biais de déformations au sein des pastilles de céramique en suivant le principe d'effet piézoélectrique indirect. Celles-ci vont être propagées à un insert générant des microvibrations longitudinales qui vont varier en fonction de la puissance appliquée et de la fréquence sélectionnée. L'amplificateur, couplé à l'insert, augmente l'ensemble des déplacements vibratoires émis par les pastilles céramique.

De plus, une contre masse amortit les vibrations vers l'arrière et optimise le rendement.

Ces microvibrations vont générer des ondes ultrasonores qui permettent aisément le clivage des interfaces solide-solide et solide-liquide. (54 ; 84)

On utilise depuis longtemps cette technologie afin de réaliser des détartrages sus et sous gingivaux et des soins endodontiques. Depuis quelques années, ses applications se sont étendues à la chirurgie osseuse grâce à l'amélioration de la puissance des ultrasons (trois à

cinq fois supérieure à celle des instruments ultrasonores classiques). Cependant, il est important de définir un champ d'application raisonné.

C. PRINCIPES DE LA PIEZOCHIRURGIE

La particularité de cette nouvelle technique repose sur des principes fondamentaux (86) :

1. Incision sélective

La piézoélectricité permet de couper les tissus durs ; cette incision est sélective et se fait dans le respect des tissus mous. (85)

En effet, la célérité d'une onde ultrasonore dépend uniquement du module d'élasticité et de la masse volumique du milieu.

Elle est définie par la formule suivante :

$$c^2 = E/\rho$$

où,

« c » est la célérité ; « E » le module d'élasticité ; et « ρ » la masse volumique. (16)

La matrice extra-cellulaire du tissu osseux étant constituée principalement de collagène et de sels de calcium, la célérité des ultrasons sera supérieure dans ce tissu à la célérité dans les tissus mous.

L'effet de coupe sur le tissu minéralisé sera considérablement réduit si on interpose du tissu mou entre l'insert et le tissu dur. (75)

L'insert coupant devient effectivement quasiment inactif au contact des tissus mous. Une récente étude (85) a analysé le potentiel de dommages que peut causer l'insert piézoélectrique sur un nerf en réalisant trois scénarios. Les études ont été effectuées sur le nerf sciatique de rats, qui se rapproche par sa structure du nerf alvéolaire inférieur. Dans la première situation, le chirurgien ne se rend pas compte qu'il exerce une pression sur le nerf. La pression est donc la même que celle appliquée sur l'os, et le temps d'application est d'environ cinq secondes. La deuxième situation correspond à une perte accidentelle du contrôle de l'instrument qui vient toucher le nerf avec une force supérieure à la situation un, mais pour un temps plus court. Dans la troisième situation, le contact est effectué entre le système piézoélectrique et le nerf mais l'appareillage n'est pas en marche.

Dans les trois groupes on note des désordres neurosensoriels chez le rat (plus forte dans le groupe deux), avec une récupération au bout de soixante jours. Cependant, aucune différence n'est constatée entre le groupe un et trois (l'un avec le système en marche, l'autre avec le système éteint). Ceci prouve que les ultrasons ont un effet très limité voir quasi inexistant sur les structures non minéralisées.

Cette incision piézoélectrique dépend du degré de minéralisation osseuse. En effet, plus l'os sera minéralisé, plus l'efficacité de coupe sera faible. Le pourcentage de minéralisation

osseuse est utilisé pour déterminer la fréquence de vibration idéale à régler sur le générateur. Une faible fréquence sera utilisée dans le cas d'un os faiblement minéralisé, alors que face à un os très dense, une forte fréquence de vibration pourra être choisie. (118)

Une faible pression de l'insert sur l'os devra être appliquée. En effet Claire et al. ont observé qu'une pression excessive amène une réduction des oscillations et par conséquent une réduction de la capacité de coupe de l'insert piézoélectrique. Leurs études ont permis de dire qu'une pression de 150g était idéale. (25)

De plus, la forme, la taille de l'insert piézoélectrique ainsi que le matériau dont il est constitué, influent également sur la capacité de coupe. (105)

2. Incision micrométrique et douce

Cette incision se fait dans une plage visible entre 30 et 200 μm qui correspond au signal piézoélectrique modulé.

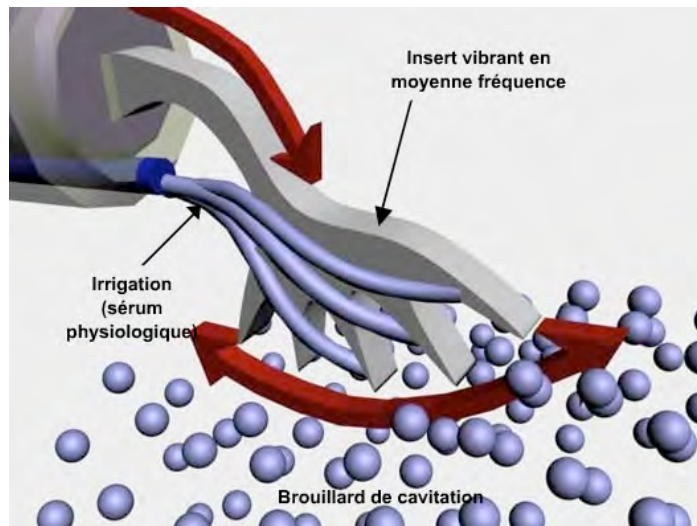
A la différence des techniques conventionnelles (fraise ou scie), il n'y aura pas de macro-vibrations engendrant des macro-mouvements se répercutant sur la main du chirurgien. (75)

Ce signal modulé en amplitude permet une relaxation tissulaire et une réparation cellulaire. Il assure une incision micrométrique dépourvue de frictions et de vibrations. (84)

3. Effet de cavitation

L'effet de cavitation provoqué par les ultrasons assure un champ opératoire quasi exempt d'hémorragie, permettant donc une excellente visualisation. Il apparaît lorsque l'insert vibrant entre en contact avec le liquide physiologique, créant le « brouillard de cavitation ». (58)

Il s'agit d'un phénomène de micro-ébullition du liquide se produisant au niveau de toutes les interfaces solide/liquide vibrant en moyenne fréquence. Elle s'explique par une rupture de la cohésion moléculaire des liquides et l'apparition de zones de dépression se remplissant de vapeur jusqu'à constituer des bulles prêtes à imploser. (121)



Brouillard de cavitation d'après (60)

La production du phénomène de cavitation est, néanmoins, dépendante de la forme de l'insert ultrasonique et de la puissance du générateur. (59 ; 73 ; 114)

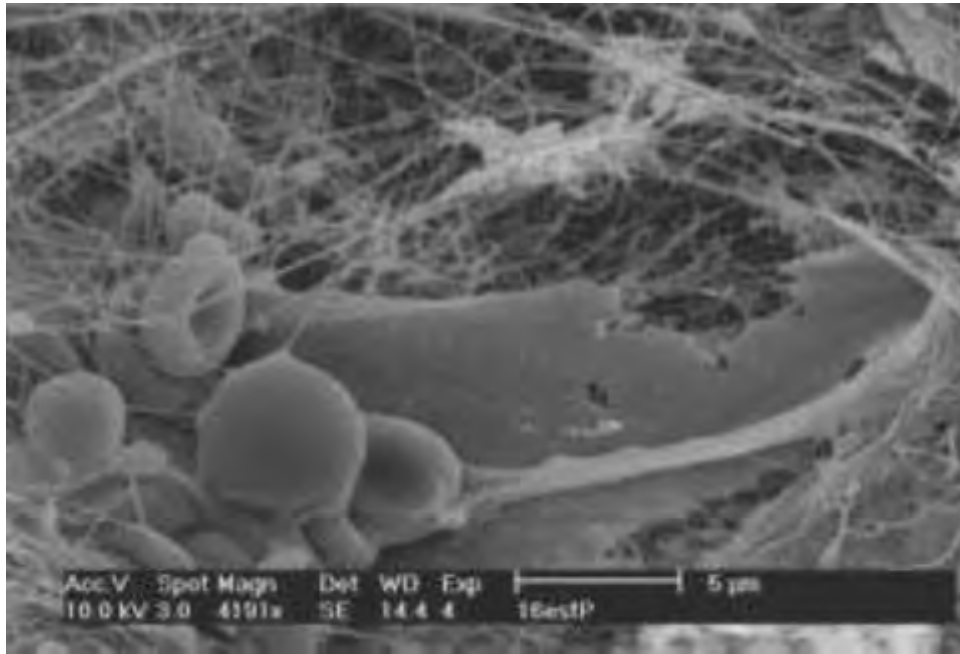
Un effet bactéricide, qui pourra probablement être exploité pour nettoyer localement les alvéoles d'extraction a été récemment démontré. (13)

4. Respect de l'organisation tissulaire

De façon quasi-générale, on observe une cicatrisation et une guérison meilleures et plus rapides (moins de dommages collatéraux) (23). Le processus de cicatrisation osseux est non entravé.

En 2001, lors d'une étude sur des chiens ayant reçu une chirurgie orthopédique, Vercellotti et coll. étudient les caractéristiques cliniques, radiologiques et histologiques des tissus après une incision au bistouri ultrasonore.

L'évaluation histologique microscopique présente une surface osseuse des segments d'ostéotomie sans signe de lésion des tissus minéralisés, et la présence en surface d'ostéocytes en vie. (108)



Surface de coupe après ostéotomie par piézochirurgie, en microscopie électronique à balayage, grossissement 500X, mettant en évidence la présence d'ostéocytes en vie. (65)

D. L'APPAREILLAGE

1. L'appareil piézoélectrique

Les appareils de la chirurgie piézoélectrique sont identiques à ceux du détartrage ; la différence réside dans la puissance de mise en œuvre.

L'appareil piézoélectrique utilise des microvibrations de moyenne fréquence générées par un transducteur piézoélectrique et appliquées à des inserts durcis au nitrure de titane et/ou diamantés. (60)

Les appareils générateurs d'ultrasons sont constitués :

- D'une pièce à main ou transducteur ;
- D'inserts ;
- D'une clé dynamométrique pour visser ces inserts ;
- D'un générateur de champ électrique à haute tension et haute fréquence sinusoïdale assistée d'un réglage de puissance ;
- D'une irrigation externe à débit réglable ;
- D'une pédale de commande.

D'un point de vue purement technique, le bistouri ultrasonore se présente comme le détartréur classique. Si on lui branche des inserts adaptés, il peut même servir de détartréur conventionnel. Cependant, il diffère selon quatre paramètres : (2 ; 60)

- les **fréquences du générateur** ;
- la **masse** ;

- la **dureté** ;
- et la **forme des inserts**.

Il existe de nos jours de nombreux générateurs d'ultrasons, la liste qui va suivre n'est pas exhaustive. Nous nous intéresserons uniquement à deux systèmes de piézochirurgie :

- l'instrumentation piézoélectrique de Mectron, mise au point par Vercellotti dans les années 2000 : **le Piezosurgery®** ;
- d'autres sociétés ont créé leur propre matériel, dont le **Pié Zotome®** de la société Actéon-Satelec, que nous décrirons également.

2. Différents systèmes disponibles en piézochirurgie

a) *Le Piezosurgery® de la société Mectron*

Mis au point par Vercellotti en 1999 sa première commercialisation en série commença l'année 2000. En 2001, on assiste à la présentation de la première étude sur les élévations de sinus avec Piezosurgery®. (122)

Le dernier système Piezosurgery® 3 à vu le jour en 2009. Ses composants sont les suivants.

❖ **Le générateur Piezosurgery® :**

Il permet de choisir parmi 3 programmes : « Bone », « Implant » ou « Root ».

Il contient le « feedback system » qui permet un ajustement constant et optimal du mouvement et de la puissance de l'insert.

Ce système possède également le « APC » : Automatic Protection Control. Ce dernier permet de reconnaître les déviations par rapport au fonctionnement normal et d'arrêter en même temps les ultrasons et l'irrigation en moins de 0,1 seconde. (122)



(122)

❖ **La pièce à main**

À l'intérieur du manche, on retrouve l'empilement de pastilles céramiques piézoélectriques qui génèrent les vibrations de moyenne fréquence (entre 24 et 36 kHz).



(122)

❖ **L'irrigation externe**

A débit réglable, elle engendre un refroidissement des inserts et permet un effet de cavitation (nettoyage du site chirurgical).

❖ **La pédale de commande**

❖ **Les inserts (122)**

Les inserts conventionnels servent pour les détartrages. Mais pour obtenir l'effet de coupe recherché, on utilisera des inserts modifiés utilisant des fréquences ultrasoniques modulables, dont les vibrations seront à même d'entrer en résonance avec les pastilles piézo-électriques du manche. Cette résonance permet d'accroître le rendement énergétique, ce qui rendra d'autant plus efficace l'insert. La dureté de celui-ci est accrue à l'aide d'une couche superficielle de nitrure de titane (qui donne l'aspect jaune cuivré aux inserts) parfois diamantée, ce qui permet à l'insert de s'attaquer aux matériaux les plus durs sans se briser.

L'amplificateur couplé à l'insert augmente l'ensemble des déplacements vibratoires émis par les pastilles céramiques.

Différents inserts existent, chacun ayant une fonction particulière selon sa forme, son revêtement, suivant la chirurgie à réaliser. Les différentes formes d'insert permettent d'obtenir

un effet de coupe lorsque leur tranchant se transforme en scie oscillante micrométrique sous l'effet des vibrations ultrasonores.

Nous décrirons uniquement les inserts indiqués pour les comblements de sinus par voie latérale.

Les inserts sont classés selon 3 catégories :

- Les inserts coupants : pour la réalisation d'ostéotomies et d'ostéoplasties. Ils sont recouverts de nitrure de titane, ce qui leur donne une couleur dorée. Ces inserts sont tranchants.



Photo insert coupant OT6 (122)

- Les inserts polissant, à l'état de surface diamantée permettant un travail précis et bien maîtrisé sur les structures osseuses. Ils sont également recouverts de nitrure de titane. Ces inserts sont utilisés pour la réalisation d'ostéotomie à proximité de structures délicates, telles que le sinus ou le nerf alvéolaire inférieur. Ils sont aussi utilisés pour l'ostéoplastie finale des structures osseuses.



Insert polissant (122)

- Les inserts non coupants pour la préparation des tissus mous. Ces inserts sont en étain.

Ils sont utilisés notamment pour l'élévation proprement dite de la membrane sinusienne.



Insert EL1 (122)

Il existe un kit d'insert spécifique pour la chirurgie de comblement sinusien par voie latérale.

Il comprend 5 inserts : deux inserts coupants (OT1 et OT5) et trois inserts non coupants (EL1, EL2 et EL3). (123)



Kit sinus lift de la société Mectron

Les inserts OT1 et OT5 permettent une ostéotomie à proximité des tissus mous. Ils sont donc destinés à la découpe du volet vestibulaire :



Les inserts EL1, EL2 et EL 3 permettent un décollement de la membrane sinusienne :



b) *Le Piezotome® de la société Actéon-Satelec*

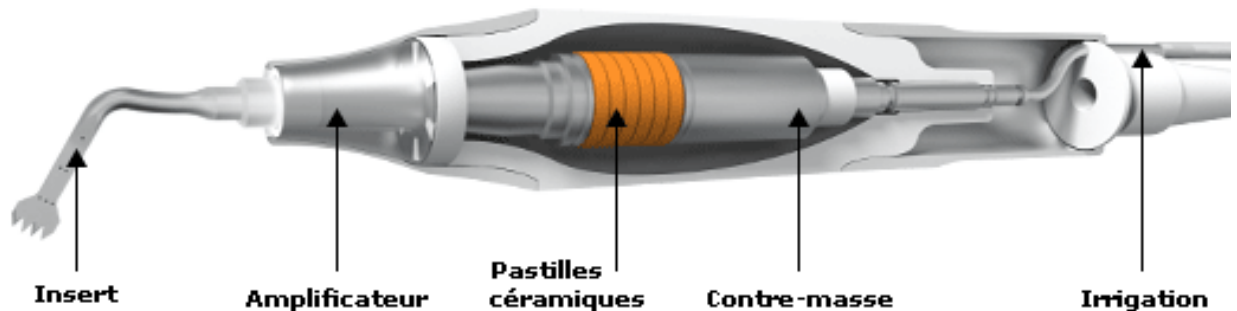


Il se constitue de :

❖ **Une pièce à main**

Elle est dite « boostée » car elle présente un empilement de 6 pastilles de céramique et

ne présente que très peu d'échauffement après une longue durée d'utilisation. Une étude montre qu'après 15 minutes de fonctionnement, la température de la pièce à main mesurée est seulement de 32 degrés Celsius. Cependant, il serait également intéressant de mesurer la température de l'insert après utilisation. (84)



(84)

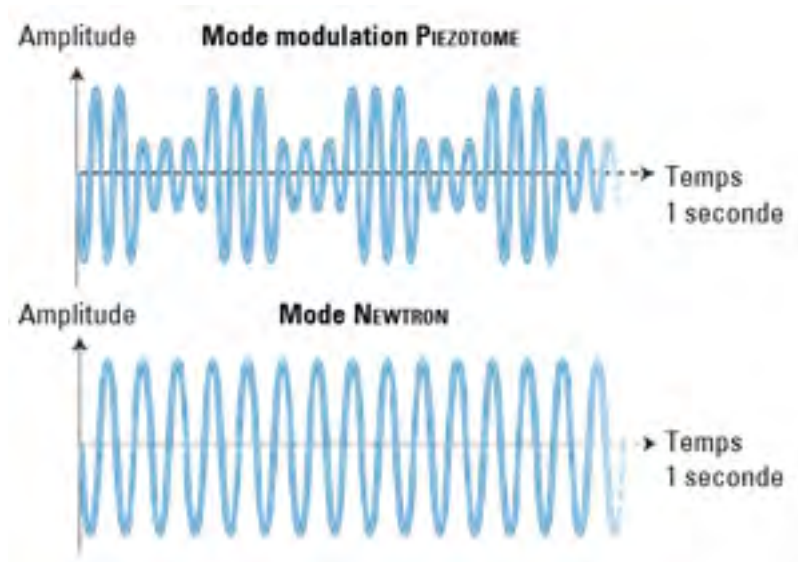
❖ Un générateur de champ électrique

Le générateur Piezotome® possède le « Cruise Control System »

Trois systèmes de contrôle forment le « CCS », qui a pour but de réguler la puissance du Piezotome :

- Le système autoréglage de fréquence permet une régulation automatique et en temps réel de la fréquence dans une plage de 28 kHz à 36 kHz, en fonction de la résonance acoustique de l'insert. Ce système assure une restitution efficace du sens tactile ;
- Le système « Push -Pull » permet de maîtriser l'amplitude des vibrations de l'insert, et assure une préservation des tissus fragiles ;
- L'autre système fonctionne selon le principe du Feed-Back, il permet d'adapter la puissance en fonction de la résistance rencontrée par l'insert (couple). (84)

Le générateur possède également le mode modulation Piezotome® : le signal est modulé de façon à avoir une succession d'ondes d'amplitudes hautes, puis basses, qui permettent une relaxation tissulaire indispensable à la réalisation d'une coupe nette.



Mode modulation du Piezotome comparé par rapport au mode Newtron destiné aux actes plus conventionnels (parodontie, endodontie etc) (84)

En effet, il existe également le Piezotome®2 qui propose deux modes de fonctionnement: le mode Piezotome® dédié à la chirurgie osseuse, et le mode Newtron™. (84)

❖ Des inserts

Le kit Sinuslift® qui est destiné à la procédure d'élévation sinusienne par voie latérale est composé de cinq inserts ultrasonores, dont les deux premiers assurent la constitution du volet vestibulaire osseux, et les trois autres assurent le décollement de la membrane sinusienne.



(84)

L'insert SL1 destiné à la découpe du volet vestibulaire osseux et à l'atténuation des angles vifs est moins agressif que les scies oscillantes, et permet de préserver les structures anatomiques avoisinantes. Pendant son utilisation, le praticien doit réaliser un balayage longitudinal constant de la surface à inciser.

L'insert SL2 est également destiné à la découpe du volet vestibulaire et va permettre le lissage des bords du volet vestibulaire osseux afin de ne pas laisser de zones susceptibles d'endommager la membrane sinusienne.

Le SL3 est un insert plateau, non coupant, servant à décoller la membrane de Schneider à environ 2,5 mm sur les bords de la fenêtre.

Lors de l'utilisation de cet insert il est primordial de garder un contact permanent sur l'os afin d'éviter une déchirure de la membrane sinusienne.

Les inserts SL4 et SL5 sont des spatules non coupantes, orientées respectivement à 90° et 120°, servant au décollement de la membrane de Schneider à l'intérieur du sinus et au dégagement de structures anatomiques. Lors de l'utilisation de cet insert, le praticien doit garder en permanence le contact avec les bords osseux. (84)

V. LA TECHNIQUE CHIRURGICALE DITE « PIEZOELECTRIQUE »

Torella et coll. (1998) effectuent le premier cas d'élévation du plancher du sinus maxillaire par voie d'abord latérale à l'aide d'une instrumentation ultrasonique. Ils mettent ainsi en évidence une des propriétés non encore exploitées jusque là des instruments ultrasoniques : «la préservation des tissus non minéralisés ». (69 ; 45)

De nouvelles versions de machines de piézochirurgie, dont les puissances ont considérablement augmenté, ont permis d'envisager des chirurgies osseuses de plus en plus invasives.

A. CONTRE-INDICATIONS SPECIFIQUES

Il est contre-indiqué d'utiliser du matériel piézoélectrique chez les patients porteurs de pacemaker ou autre matériel électronique implantable. Cette mise en garde concerne également l'opérateur.

De plus, il n'est pas conseillé d'utiliser l'instrumentation de piézochirurgie proche de surfaces prothétiques en métal ou en céramique, en raison des risques de descellement ou de détérioration. (69)

B. PROTOCOLE CHIRURGICAL AVEC LA PIEZOCHIRURGIE (57 ; 105 ; 107 ; 109)

1. Anesthésie

De même que pour la technique conventionnelle, on effectue une anesthésie locale de type para-apical suivie d'anesthésie intra- muqueuse.

2. Incisions

Elles ne diffèrent pas de la technique conventionnelle.

3. Ostéotomie de la fenêtre osseuse

Nous décrirons l'ostéotomie dans le cas d'une utilisation du piézotome de la société Actéon-satelec.

L'approche de la fenêtre latérale implique l'amincissement progressif du mur osseux jusqu'à exposition lente de la membrane sinusienne.

Le mouvement doit être un va-et-vient lent, sans pression excessive, laissant travailler l'instrument dans l'axe de la vibration.

Dans une étude comparative centrée sur dix cas cliniques de comblement sinusien, Carini montre à quel point une utilisation inadéquate du système piézoélectrique et en particulier la pression exercée par l'insert sur les tissus, peut provoquer une lacération des tissus ou une perforation de la membrane sinusienne, compromettant la chirurgie et augmentant les complications post-opératoires. (19)

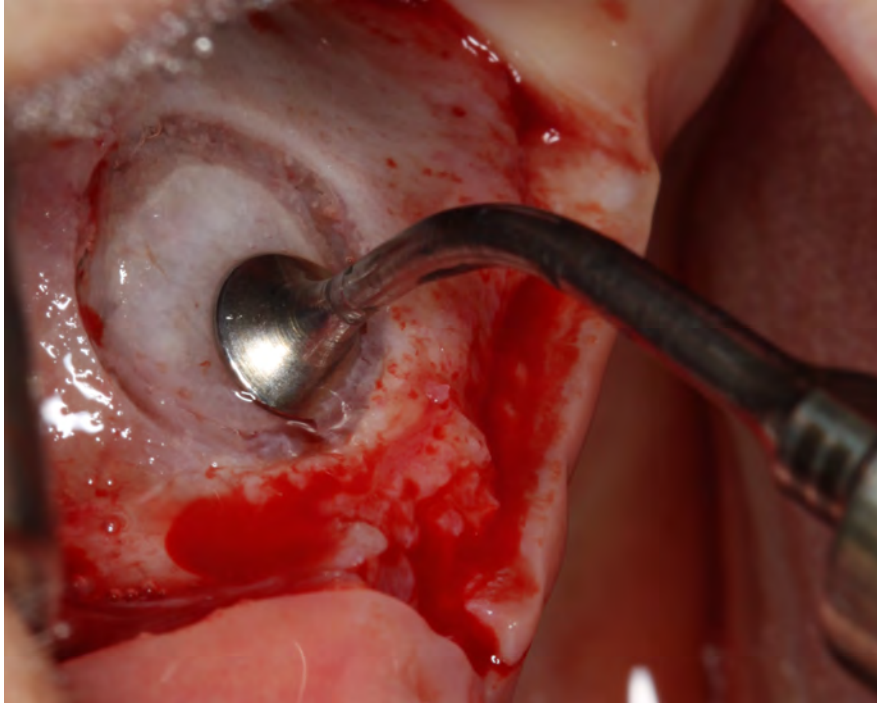
Le volet vestibulaire osseux est réalisé avec l'insert diamant SL1 ou SL2, par une incision horizontale, suivie de deux verticales, puis d'une seconde horizontale. Les angles de ce volet peuvent être atténués par ces deux mêmes inserts afin de ne pas endommager la membrane sinusienne.



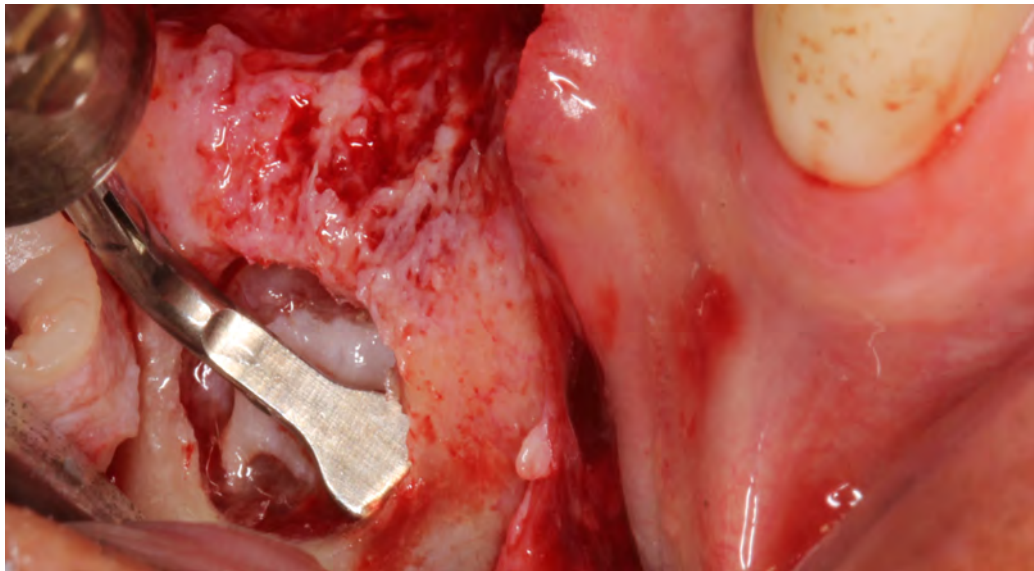
Ostéotomie de la fenêtre osseuse à l'aide de l'insert SL2
(Cas du Pr ARMAND)

4. Décollement de la membrane sinusienne

Le décollement de la membrane est assuré par l'insert diamanté SL3, de type plateau, non coupant, qui décolle la membrane sur 2,5mm environ sur les bords de la fenêtre. Puis ce sont les inserts SL4 et SL5, non coupants, en forme de spatule, qui sont utilisés en position plus apicale, mésiale puis distale, afin de décoller les bords plus en profondeur.



Amorce du décollement de la membrane sinusienne avec l'insert SL3
(Cas du Pr ARMAND)



Décollement membranaire avec l'insert SL4
(Cas du Pr ARMAND)

Lorsqu'une cavité est créée, le volet osseux peut, soit être basculé et représenter le « nouveau » plancher sinusien, soit être découpé totalement et ne pas être conservé (voir III.C.4).

Le comblement de sinus est ensuite réalisé par une greffe osseuse, et une mise en place de l'implant est effectuée si la stabilisation primaire peut être garantie.



Deux sinus comblés en utilisant une xénogreffe (BioOss®)

(Cas du Pr ARMAND)

VI. CHIRURGIE PIEZOELECTRIQUE VERSUS CHIRURGIE CONVENTIONNELLE : QUEL CHOIX ?

Une étude menée par Tuffreau et Garbarini en 2006 montre que la plupart des instruments conventionnels disponibles en terme d'ostéotomie, notamment lors de comblement sinusien, permettent une certaine rapidité d'exécution, mais ne répondent pas à l'ensemble des critères biologiques concernant l'efficacité thérapeutique en chirurgie implantaire maxillaire. Ces différents critères vont être abordés afin d'évaluer si la piézochirurgie permet de les optimiser. (100)

A. SECURITE PER-OPERATOIRE

1. Perforation de la membrane sinusienne

C'est une complication fréquente qui peut survenir :

- lors de l'ostéotomie ;
- lors de la réclinaison du volet ;
- lors du décollement de la membrane ;
- lorsque l'épaisseur de la membrane a été mal appréhendée.

C'est la principale difficulté ou complication immédiate rencontrée lors d'une chirurgie de comblement sinusien à l'aide d'une instrumentation traditionnelle. Suivant les auteurs, elle intervient dans 16,7 à 44,4 pour cent des cas.

(26 ; 31 ; 53 ; 64 ; 77 ; 78 ; 81 ; 87 ; 98 ; 109 ; 71 ; 33)

a) Les différents types de perforation

Fugazzotto PA et Vlassis J en 1999 (32) ont décrit une classification des différentes perforations en fonction de leur localisation ; ils donnent également la conduite à tenir en fonction de la classe de perforation :

➤ Classe I : localisation postéro-supérieure :

en cas de petite perforation, on utilisera une membrane de collagène (en la faisant déborder de 3mm sur tout le pourtour de la perforation) et un matériau de comblement. En cas de perforation plus large, on décollera le reste de la membrane en périphérie de la perforation afin grâce à sa laxité de se placer au niveau de la perforation puis de la suturer.

➤ Classe II : localisation mésio supérieure :

en cas de perforation, on utilise une membrane de collagène, voire des sutures.

➤ Classe III : localisation antéro-inférieure :

c'est la perforation la plus fréquente. Pour l'éviter, il faut d'abord décoller la partie inférieure puis médiale et latérale avant de s'occuper des angles. On réalisera des sutures ; éventuellement un comblement sera mis en place mais avec un bloc osseux autogène (préféré aux biomatériaux, car mieux toléré en cas de dissémination).

➤ Classe IV : localisation mésio-inférieure :

c'est la perforation la plus rare, souvent due à la présence d'un septum osseux. On utilisera des sutures, une membrane, voire un comblement si nécessaire.

➤ Classe V : localisation mésiale :

c'est une perforation préexistante (pneumatisation et résorption).

Dans les classes I et II, il n'y aura pas de changement lors de la suite de l'intervention. Dans les classes III et IV, on ne réalisera pas d'implantation simultanée.

La nouvelle classification de Fugazzotto PA et Vlassis J (2003) plus simple, ne fait état que de 3 classes uniquement en fonction de la localisation de la perforation. (32)

➤ Classe I :

les perforations de classe I regroupent l'ensemble des perforations ayant lieu à l'endroit le plus apical de l'ostéotomie du volet osseux.

➤ Classe II :

les perforations de classe II regroupent les lésions proximales et crestales de l'ostéotomie. La classe II est elle-même divisée en 2 sous classes IIa et IIb (IIa quand la perforation est circonscrite par plus de 4-5 mm de tissu non lésé et IIb quand la perforation est circonscrite par moins de 4 mm de tissu non lésé).

➤ Classe III :

les perforations de classe III regroupent l'ensemble des lésions ayant lieu au centre de l'ostéotomie du volet osseux.

Les perforations doivent être réparées (selon la taille) pour terminer la greffe et permettre le succès implantaire : (114, 101)

→ une perforation de petite taille pourra cicatriser spontanément sans intervention ou grâce à l'utilisation de colle biologique ;

→ une perforation large et localisée dans une zone défavorable sera refermée grâce à l'utilisation d'une membrane résorbable en collagène ;

→ une perforation très large obligera à reporter la chirurgie. Une réparation de qualité engendre la réussite du traitement d'un point de vue clinique et histologique.

En effet, les conséquences immédiates d'une perforation sinusienne peuvent être infectieuses car la perforation va constituer une voie d'entrée bactérienne provenant du système respiratoire. On aura ainsi un risque infectieux pour le greffon. De plus, lorsque le

greffon est sous forme de particules, on sera face à une dissémination du matériau de comblement dans la cavité sinusienne.

Selon Chavanaz, après une perforation large il faut attendre 6 à 8 semaines avant d'envisager une nouvelle intervention (2).

b) Facteurs influençant le risque de perforation

❖ Septa d'Underwood

Le risque de perforation de la membrane sinusienne est augmenté lors de la présence de septa intra-osseux, et peut atteindre 52,2 pour cent des cas. (30 ; 101 ; 87)

Surtout présents chez l'adulte jeune, ils sont nommés septa d'Underwood, par qui ils furent décrits en 1910.

L'étude d'Ulm en 1995 (30) observe la présence de septa dans 31% des cas dans les zones délimitées par la 2ème prémolaire et la 2ème molaire ; ils ont une forme d'arche gothique inversé, et représentent donc un risque de déchirement de la membrane lors du décollement du volet. Van den Bergh (101), propose une ostéotomie en forme de W de part et d'autre du septum afin de décoller la membrane sur les 2 faces de celui-ci, alors que Boyne et James recommandent de les supprimer par ostéoplasties.

Une étude radiographique en trois dimensions doit obligatoirement être réalisée avant toute chirurgie de comblement sinusien, comme le confirme l'étude de 2008 de Ella et al. , qui affirme qu'une image cone-beam doit être faite systématiquement avant l'intervention pour prévenir toute complication(30).

❖ Epaisseur de la membrane

L'épaisseur de la membrane est un des facteurs prédictifs les plus déterminants de la difficulté d'un décollement de membrane sans perforation. Plus la membrane est fine, plus elle sera fragile. Cependant, une membrane épaisse ou hypertrophique est souvent synonyme d'antécédents inflammatoires répétés. Si tel est le cas, la membrane sera fibreuse, certes épaisse, mais sans doute plus difficile à décoller de la paroi osseuse.

En règle générale, une membrane bien visible sur la radiographie sera indicative d'une membrane aisée à manipuler durant la dissection chirurgicale. (27)

❖ Epaisseur de la paroi osseuse antérolatérale

L'épaisseur de la paroi osseuse antérolatérale varie d'un individu à l'autre, allant de moins d'1 millimètre à 3 millimètres voire davantage.

Son épaisseur peut influencer sur la stratégie de découpe de la paroi osseuse. En effet une paroi fine nécessitera une attention toute particulière pour ne pas risquer de léser la membrane sinusienne. Les inserts piézoélectriques sont donc recommandés dans ce cas là. En revanche, lorsque la paroi est épaisse, il peut être pertinent de commencer par des instruments rotatifs par souci de gain de temps. (27)

c) *Technique piézochirurgicale ou conventionnelle*

Le principal avantage de la piézochirurgie provient d'un des principes de la piézoélectricité.

En effet, la sélectivité de coupe est primordiale, grâce à la fréquence d'oscillation, utilisée en piézochirurgie, qui est spécialement ajustée pour la découpe des tissus minéralisés. L'insert coupant devient inactif au contact des tissus mous. Par conséquent, même une erreur de positionnement de l'insert ne crée pas ou très peu de dommages sur les tissus mous. (109 ; 41 ; 6 ; 72 ; 74)

Depuis 2001, de nombreux auteurs concluent après différents travaux, que la piézochirurgie réduit radicalement la survenue de perforations de membranes par rapport à la technique classique, et qu'elle est plus sécurisante. (73 ; 109 ; 60 ; 91 ; 93; 114 ; 7 ; 41 ; 40 ; 99)

Selon Wallace en 2007 (114), le pourcentage de perforations pour une série de 100 cas traités par piézochirurgie est de 7%, taux nettement inférieur aux 30% observés avec les instruments rotatifs. De plus, ces perforations ont eu lieu au cours de l'utilisation des instruments manuels lors de l'élévation de la membrane sinusienne, et ne peuvent donc pas être attribuées à l'utilisation de la piézochirurgie.

Vercellotti et coll., en 2000, ont proposé l'étude de la réalisation de 21 fenêtres osseuses suivies de soulèvements de sinus par piézochirurgie sur 15 personnes.

A l'issue de cette étude, une seule perforation de membrane sinusienne a été signalée, en présence d'un septum très fin.

(104)

Ceci est contredit depuis par quelques études comparatives récentes (notamment une menée par Barone en 2008) (6): selon Barone, l'étude présente un taux de perforation de 30% en ce qui concerne la piézochirurgie et un taux de 23% pour la technique rotative conventionnelle. Il conclue donc qu'il n'y a pas de résultats statistiquement significatifs.

Cependant, l'étude de Barone ne portait pas exclusivement sur l'abord de la membrane (ostéotomie), mais incluait aussi le décollement membranaire des parois sinusiennes à l'aide des inserts vibrants. Lorsque l'observation est recentrée sur l'abord osseux, les conclusions de ce travail clinique sont en phase avec les autres études (aucune perforation avec les inserts vibrants lors de l'abord de la membrane). (27)

De plus, cette étude présente des limites : il n'y a que 13 patients nécessitant une élévation sinusienne bilatérale pour la mise en place d'implants en postérieur. C'est pourquoi cette étude n'est pas significative malgré la volonté des auteurs de mener une étude contrôlée et randomisée.

Une lettre à l'éditeur du Clinical Oral Implant Research, datant de Mai 2009 (8), écrite par Vercellotti, critique l'article de Barone à propos de son manque de connaissance du matériel et de son utilisation, qui doit être adaptée à chaque procédure. D'après lui, les instruments piézoélectriques ne peuvent pas causer de dommages à la membrane, même en cas de contact direct.

En 2008, une étude réalisée par Blus et Al. permet d'établir que la fréquence moyenne des perforations de la membrane sinusienne à l'aide des instruments rotatifs est de 27,7 pour cent. Lorsque l'approche de la membrane s'effectue avec les inserts vibrants, le taux moyen de perforation est de 2,9 pour cent, soit une diminution d'environ dix fois. (14)

Plus récemment, une étude publiée en 2013 stipule, comme Barone en 2008, que le risque de perforation en utilisant une technique piézoélectrique n'est pas significativement diminué. Il faut noter que l'étude comprenait uniquement 23 patients dont seulement 21 ont pu être examinés. (28)

Tableau synthétique des principales études comparant le taux de perforations sinusiennes lors d'une procédure chirurgicale de comblement sinusien avec la technique traditionnelle versus la technique piézoélectrique (20).

Technique utilisée	Nombre de patients	Nombres de perforations	Pourcentage de perforations
Technique traditionnelle	-	-	20-30%
Technique piézoélectrique (P) -Vercellotti et al.	21	1	4,80%
Technique P-Wallace et al.	100	0 (7)	0% (7)
Technique P-Barone et al.	13	4	30,00%
Technique P-Blus et al.	53	2	2,90%

En conclusion l'instrumentation piézochirurgicale permet de réduire les risques de perforation de la membrane sinusienne lors de la phase de découpe du volet osseux. Il en est de même pour amorcer le détachement de la membrane sur le périmètre du volet osseux (grâce aux inserts EL1 et SL3 par exemple). Cependant, le décollement manuel de la membrane sinusienne à la curette est plus fiable qu'avec les inserts vibrants, car les sensations tactiles sont plus fines.

d) Risque d'échec implantaire (86 ; 93 ; 105)

Les complications lors de l'élévation sinusienne par piézochirurgie sont identiques à celles engendrées lors d'une technique conventionnelle. Cependant, il s'avère que l'utilisation de la piézochirurgie provoquerait un taux moins élevé de complications, par conséquent un taux plus faible d'échec implantaire.

En effet, grâce aux qualités de l'instrumentation piézoélectrique précédemment citées, certaines complications sont diminuées voire évitées.

Cette diminution des complications per et post opératoires est directement liée au taux de succès implantaire.

Aussi, de nombreuses études mettent en corrélation les lésions de la membrane sinusienne (qui représentent la principale complication dans la chirurgie de comblement sinusien) avec un risque infectieux majoré (10 à 20 % des cas). (63 ; 77 ; 115)

Cette augmentation du risque infectieux entraîne un taux de succès implantaire moindre. (31 ; 53 ; 87)

D'après Boioli en 2004, l'intégrité de la membrane est non seulement un gage de stabilité pour la greffe osseuse, mais aussi une source de vascularisation permettant la maturation et la minéralisation de l'os (107).

L'étude de Khoury et coll (1999) porte sur 467 implants posés chez 216 patients, et met en évidence 51 perforations per-opératoires de la membrane sinusienne soit 23,6% des cas.

Sur 28 implants perdus, 14 sont associés à cette perforation selon l'auteur, soit 50% des échecs. (53)

Cependant, plusieurs études (24), dont une centrée sur 128 patients, démontrent qu'à long terme, une perforation de la membrane sinusienne n'a pas d'effet négatif sur la greffe osseuse ni sur la viabilité de l'implant. (71)

En 2006, Ardekian et al. évaluent l'incidence des perforations de membrane sur la réussite du traitement implantaire. Ils n'ont pas trouvé de différences significatives de survie d'implants entre ceux mis en place dans un sinus greffé avec une membrane perforée et ceux mis en place dans un sinus greffé avec une membrane intacte. (4)

Toutefois, cette étude ne prend pas en compte les différentes localisations et tailles des perforations de la membrane :

- Proussaefs et al. ont trouvé une diminution du taux de survie implantaire pour des implants installés dans un sinus greffé avec une membrane perforée. (76)

- Hernandez-Alfaro et al. ont étudié la prévalence des complications chirurgicales suite à une perforation sinusienne et ont détaillé plusieurs protocoles en fonction de la taille de la perforation. Ces auteurs décrivent également un taux de survie implantaire moindre en présence d'une perforation membranaire, celui ci influencé par la taille de la perforation. En effet, plus la perforation sera de grande taille, plus le risque d'échec implantaire sera important. (43)

Ces résultats coïncident avec ceux rapportés par Viña-Almunia et al. qui concluent que le taux de survie implantaire diminue lorsque les implants sont mis en place dans un sinus greffé dont la membrane est perforée. (106)

En conclusion, certaines études montrent qu'il n'existe pas de corrélation entre le taux de survie implantaire et la perforation de la membrane sinusienne (87) alors que d'autres prouvent le contraire. (76)

Il faut en réalité prendre en compte la taille de la perforation (53) : lorsque la perforation peut être réparée, elle n'entraînera pas un plus haut risque de perte d'implants, ou d'infection sinusienne. (9)

Si la perforation est de taille trop importante, le comblement ne peut pas être réalisé dans le même temps opératoire. (2 ; 107 ; 114)

2. Risque hémorragique

Il intervient lorsque l'artère alvéolo-antrale, anastomose de la branche inférieure de l'artère alvéolaire supérieure et postérieure et de l'artère sous orbitaire, est coupée. Le saignement de cette artère est en général minime, mais peut être parfois important au point qu'il est difficile de continuer l'intervention. (2)

L'emploi d'une procédure piézoélectrique permet de diminuer largement le risque d'hémorragie puisque la coupe sélective des inserts piézoélectriques n'a pas d'effet tranchant sur les vaisseaux. C'est pourquoi on observe également une diminution importante du nombre d'œdèmes postopératoires et d'ecchymoses.

De plus, l'hémorragie est contrôlée par l'effet de cavitation induit par les ultrasons. Grâce à son irrigation, le générateur d'ultrasons piézoélectrique a un effet hémostatique au niveau des surfaces de coupe. La cavitation nettoie le champ de travail et diminue le saignement, probablement par obturation des capillaires. (12)

3. Risque d'échauffement

L'ostéonécrose est évitée par la présence d'une irrigation sans laquelle l'élévation de température engendrée par les vibrations (mais également par les instruments rotatifs) risquerait de créer des dommages irréversibles.

En 1999, une étude de Kerawale et Al. portant sur le matériel rotatif (50) montre que, en cas d'absence d'irrigation, la température de 70°C néfaste pour les cellules peut être atteinte.

En revanche, selon un article publié en 2005, aucune étude n'a relevé de nécrose, même superficielle, au niveau du tissu minéralisé ou mou, en ce qui concerne la piézochirurgie. (93)

La fréquence d'utilisation de l'instrument piézoélectrique semble jouer un réel rôle sur l'effet thermique. Pour garantir une complète sécurité de la chirurgie piézoélectrique, la fréquence doit être de 29KHz. (29 ; 44 ; 116)

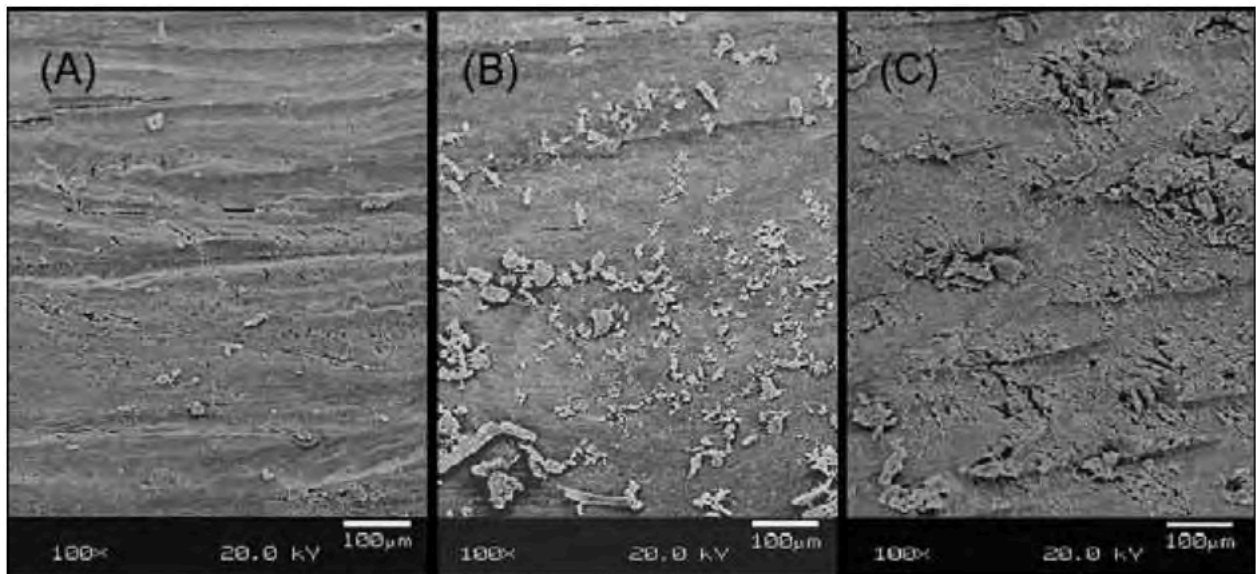
Enfin, la forte pression exercée par les instruments rotatifs sur l'os ainsi que la grande vitesse de rotation sont susceptibles de provoquer une ostéonécrose. A contrario, lorsque le

chirurgien utilise la piézochirurgie, une légère pression de l'insert piézoélectrique sur l'os suffit à le couper. Le risque d'échauffement osseux est ainsi diminué en utilisant le système ultrasonique. (20)

B. QUALITE DE COUPE

Le bistouri piézoélectrique permet d'obtenir une coupe microscopique avec une largeur d'incision se situant entre 60 et 200 μm . (91 ; 105 ; 108)

En 2004, Eggers et coll. proposent une étude en microscopie électronique d'os de cadavres, mettant en évidence une qualité de coupe de la surface osseuse plus nette par piézochirurgie que par l'instrumentation conventionnelle. (29)



Surface de coupe après ostéotomie, en microscopie électronique à balayage, grossissement 100X: (A) piézochirurgie, (B) bistouri osseux de Lindemann, (C) scie oscillante. D'après Eggers. (29)

Une autre étude menée en 2009 sur quatre différentes méthodes de prélèvement d'os autogènes frais sur des mâchoires animales *in vitro* a montré, après une étude histomorphométrique au microscope électronique à balayage des prélèvements osseux, que la finesse et la régularité de coupe sont bien supérieures en utilisant une technique piézoélectrique comparée aux techniques conventionnelles (fraises ou scies à os). (11)

Lors d'une chirurgie osseuse conventionnelle, le praticien doit s'opposer aux mouvements de réaction induits par le couple de rotation de l'instrument en fournissant un effort supplémentaire, réduisant ainsi sa perception sensorielle, notamment lorsqu'il rencontre des structures de différents degrés de minéralisation. (37)

A la différence d'une chirurgie conventionnelle, celle utilisant la piézoélectricité ne génère pas de macro-vibrations, mais des micro-vibrations qui assurent une incision plus précise et exempte de frictions. (75)

De plus, l'instrument piézoélectrique étant plus maniable que les instruments manuels ou de type pièce à main, la précision de l'acte chirurgical est encore une fois augmentée.

Il convient de noter que le praticien doit appliquer une pression faible sur le tissu osseux avec son insert pour une coupe précise et nette. (6 ; 98)

On peut alors affirmer que la piézochirurgie, grâce à sa qualité de coupe, limite le traumatisme et doit donc permettre une cicatrisation de meilleure qualité, plus rapide, et sans complication. (108)

C. CICATRISATION (23 ; 57 ; 91 ; 111)

Un des objectifs de cette méthode piézoélectrique est de faciliter la guérison.

Des études histologiques ont démontré que la cicatrisation de la plaie est influencée de façon positive :

D'après Vercellotti (111), une étude datant de 2005 chez le chien prouve que la technique piézoélectrique appliquée à une procédure d'ostéotomie permet d'obtenir une réparation et un remodelage osseux plus favorables qu'avec une instrumentation conventionnelle. Une activité ostéoblastique est observée juste après la chirurgie et une néoformation de tissu ostéoïde est mise en évidence lors de la première semaine postopératoire.

La piézochirurgie semble être favorable à une cicatrisation osseuse rapide et de qualité. En effet, le signal modulé en amplitude permet une relaxation tissulaire et une réparation optimale pour une coupe nette. Il y aurait une augmentation précoce des protéines morphogénétiques de l'os (BMP 4 et 7), associée à un très fort taux du gène impliqué dans l'ostéogenèse (Runx2) , ainsi qu'un meilleur contrôle du processus inflammatoire. On observe que le remodelage osseux se fait jusqu'au 56ème jour après chirurgie piézoélectrique, alors que cette phase n'est pas terminée après chirurgie par l'instrumentation conventionnelle. (57)

D'autres études comparatives ont également démontré l'avantage clinique et histologique de la piézochirurgie par rapport aux instruments conventionnels.

En 2006, une étude menée par la « Padua University » réalise une comparaison histologique du tissu osseux après une ostéotomie faite soit par fraise, soit par piézoélectricité. Les auteurs concluent que les micro-vibrations provoquées par les ultrasons sont à l'origine d'une cicatrisation osseuse plus rapide et de meilleure qualité. (10)

La même année, une étude in vitro montre que la cicatrisation osseuse est plus rapide après avoir utilisé l'instrumentation piézoélectrique, est plus rapide. Elle observe une colonisation osseuse néoformée après seulement 7 jours suivant la chirurgie. (38)

L'évaluation histologique en microscopie photonique présente une surface osseuse des segments d'ostéotomie sans signe de lésion des tissus minéralisés, sans signe de nécrose, ni pigmentation, par rapport à l'instrumentation conventionnelle.



Ostéotomie par fraise à os ; Ostéotomie par scie oscillante ; Ostéotomie par piézochirurgie

Comparaison de la surface osseuse des segments d'ostéotomie en fonction de

l'instrumentation utilisée, en microscopie photonique. (65)

De même, on a pu observer (60) que le couplage d'un insert efficace avec les justes fréquences, permet de neutraliser l'effet thermique nécrosant que l'on aurait pu craindre sur un tel système.

En effet, l'utilisation de la piézochirurgie permet un meilleur contrôle de la température et potentialise donc la cicatrisation. (100)

Une étude menée par Labanca en 2008 suggère également que la cicatrisation semble être meilleure et plus rapide qu'avec une instrumentation rotative. Dans le cas d'apport d'os autogène broyé par piézochirurgie (57) elle montre une réduction des dommages aux ostéocytes permettant un bon taux de survie des cellules osseuses. (27)

Le potentiel de cicatrisation est étroitement lié à la qualité de coupe.

Une étude fut menée par Chiriac en 2005 (23) dont le but était de montrer, lors de comblements sinusiens l'influence de la piézochirurgie associée à des prélèvements de copeaux osseux provenant de sites intra-oraux. Cette étude était centrée sur la morphologie des copeaux osseux ainsi que sur la viabilité des cellules et leur différenciation.

Les résultats, malgré les limites de cette étude in vitro, ont permis d'affirmer que :

- les particules collectées par la technique piézochirurgicale sont significativement plus volumineuses que celles collectées par la technique conventionnelle ;
- il n'y a pas de différence significative en ce qui concerne la viabilité ainsi que la différenciation des cellules selon la méthode utilisée.

Cependant, la piézochirurgie accroît la précision de l'acte chirurgical, elle réduit la perte d'os grâce à une chirurgie moins invasive et va dans le sens de l'économie tissulaire, ce qui améliore la cicatrisation.

En revanche, une étude publiée en 2013 menée sur 36 patients nécessitant deux comblements sinusiens, montre que l'état de cicatrisation devient semblable à long terme quelle que soit la technique chirurgicale mise en œuvre. (82)

Cette nécessité d'obtenir une meilleure cicatrisation est un concept évoluant de plus en plus : non seulement c'est un pré-requis que l'on cherche à obtenir, mais aussi parce que cette cicatrisation de meilleure qualité et plus rapide va permettre de réduire les douleurs post-opératoires. (110)

D. CONFORT POUR LE PATIENT

La technique d'ostéotomie conventionnelle s'avère traumatisante pour le patient. Lors d'un abord latéral, l'absence d'instruments rotatifs et de bruits associés est plus appréciable pour le patient. (92)

De nombreuses études ont démontré que les suites post-opératoires sont moindres par rapport à une chirurgie conventionnelle.

Une étude menée en 2013 sur 23 patients montre que lors d'une chirurgie de comblement sinusien par voie latérale, la douleur post-opératoire évaluée à 8 heures et 24 heures après la chirurgie est plus importante chez les patients ayant bénéficié d'une « chirurgie conventionnelle » par rapport à ceux ayant bénéficié d'une « chirurgie piézoélectrique ». A 36 heures post-opératoires, il n'y a plus de différence entre les deux groupes.

De plus, le gonflement est plus important lors d'une chirurgie conventionnelle, puis se stabilise au troisième jour.

Cependant, lors de l'étude, il n'y a pas eu de différence entre les deux groupes concernant l'alimentation post-opératoire, la capacité d'élocution, la reprise du travail ainsi que concernant la qualité du sommeil. (28)

	8th h		24th h		36th h		72nd h		7th d	
	Group 1	Group 2	Group 1	Group 2	Group 1	Group 2	Group 1	Group 2	Group 1	Group 2
Pain	2.60 ± 0.51	1.70 ± 0.67	1.70 ± 0.67	0.80 ± 0.63	1.20 ± 0.63	0.70 ± 1.06	0.70 ± 0.48	0.60 ± 1.26	0.20 ± 0.42	0.50 ± 0.84
Swelling	2.40 ± 0.96	1.10 ± 0.73	2.60 ± 0.70	1.40 ± 0.70	2.10 ± 0.74	0.90 ± 0.87	1.00 ± 0.81	0.70 ± 0.95	0.20 ± 0.42	0.20 ± 0.42
Sleeping	2.00 ± 0.81	1.30 ± 0.67	1.00 ± 0.94	0.80 ± 0.63	0.50 ± 0.52	0.40 ± 0.96	0.20 ± 0.42	0.40 ± 0.96	0.20 ± 0.42	0.20 ± 0.42
Eating	1.90 ± 0.87	1.60 ± 0.84	1.70 ± 0.95	1.20 ± 0.79	1.40 ± 1.07	0.60 ± 1.07	0.70 ± 0.82	0.70 ± 1.25	0.40 ± 0.51	0.50 ± 1.08
Phonetics	1.60 ± 0.96	1.10 ± 0.87	1.10 ± 0.74	0.80 ± 0.79	0.30 ± 0.48	0.60 ± 0.84	0.10 ± 0.31	0.30 ± 0.67	0.00 ± 0.00	0.20 ± 0.42
Daily routine	1.80 ± 0.78	1.10 ± 0.87	1.60 ± 0.96	0.70 ± 0.82	0.90 ± 0.87	0.60 ± 0.96	0.40 ± 0.51	0.50 ± 0.97	0.10 ± 0.31	0.20 ± 0.42
Missed work	1.70 ± 1.16	1.10 ± 0.99	1.40 ± 1.17	0.60 ± 0.69	1.00 ± 1.15	0.60 ± 0.96	0.70 ± 0.82	0.60 ± 0.96	0.10 ± 0.31	0.40 ± 0.51

Tableau des différentes suites opératoires selon l'étude de Delilbasi (28)

L'utilisation de la piézoélectricité permet de manière générale de diminuer les risques hémorragiques, ce qui réduira par la suite les risques d'oedèmes et d'ecchymoses post-opératoires. (39)

Torrella en 1998 et Heinemann en 2012 ont également établi que non seulement la piézochirurgie procure plus de confort pour le patient durant l'opération, mais aussi que cette technique chirurgicale assure plus d'aisance au praticien lors de la chirurgie. (41 ; 98)

E. CONFORT POUR LE PRATICIEN

Le geste chirurgical en piézochirurgie diffère de celui d'une technique conventionnelle. Il nécessite un apprentissage de la gestuelle qui permettra de trouver l'équilibre entre la pression exercée par le praticien et la vitesse du mouvement de l'insert. De plus, la connaissance de l'appareil et l'apprentissage réduisent de façon considérable le problème de rupture d'insert très fréquent au début (pression excessive de l'insert). (2)

Cependant, l'effort requis pour obtenir un trait de coupe est bien moindre en utilisant les ultrasons. La pression exercée par la main du chirurgien doit être faible. (75)

Les oscillations microabrasives des inserts piézoélectriques donnent à la main du chirurgien une information bien plus précise sur la dureté du tissu traversé qu'une turbine ou une pièce à main, ce qui réduit d'autant les erreurs d'appréciation de profondeur de coupe, notamment au niveau des zones anatomiquement difficiles. (60)

De plus, le bistouri piézoélectrique bénéficie d'une grande maniabilité, comparable à celle d'un crayon. La précision des actes chirurgicaux est donc augmentée.

Le sens tactile est préservé grâce aux vibrations de faible amplitude, cependant cette sensation tactile sera diminuée par rapport à l'utilisation d'instruments manuels tels que les curettes.

Concernant les inserts, leurs formes variées et affinées vont permettre au chirurgien un travail dans les zones d'accès difficiles.

Ensuite, grâce à sa sélectivité de coupe, le système piézoélectrique procure une sécurité opératoire au chirurgien, ce qui diminue le stress que peut occasionner une telle chirurgie. (20)

Enfin, l'absence de sang sur le site opératoire, grâce au phénomène de cavitation généré par les ultrasons, offre un avantage supplémentaire en assurant une visibilité maximale et en augmentant le confort de l'opérateur. (108)

F. VISIBILITE OPERATOIRE

L'effet de cavitation provoqué par les ultrasons assure un champ opératoire quasi exempt d'hémorragie, ce qui permet une excellente visualisation.

En effet, ce dernier libère un précipité protéique qui réduit le saignement.

De plus le brouillard de cavitation est particulièrement efficace pour le rinçage des surfaces et le drainage des débris. (15 ; 41 ; 74 ; 86 ; 109)

Cette visibilité opératoire augmentée permet ainsi de travailler plus aisément dans les zones peu accessibles et de visibilité réduite.

G. TEMPS OPERATOIRE

Il est sensiblement augmenté par piézochirurgie, par rapport à la méthode rotative, car la vitesse de coupe est plus lente qu'avec les instruments rotatifs conventionnels.

Une étude de Barone en 2008 (6), présente la procédure rotative d'une durée de 10,2 +/- 2,4 minutes alors que la piézochirurgie a une durée moyenne de 11,5 +/- 3,8 minutes. Pour des parois de l'ordre du millimètre, les temps sont absolument similaires.

Une étude menée par Delilbasi et Gurler en 2013 montre que, même si le temps, lors d'une chirurgie de comblement sinusien par piézochirurgie, est augmenté par rapport à celui mené avec une instrumentation conventionnelle, la différence n'est pas significative. De plus, cette dernière est trop dépendante de l'expérience en matière d'instrumentation piézoélectrique des différents chirurgiens-dentistes. (28)

Cependant, dans les zones présentant un os dense et épais, le temps nécessaire pour réaliser l'ostéotomie à l'aide de la piézochirurgie peut être largement augmenté voire même cinq fois supérieur. (55)

H. TABLEAU RECAPITULATIF

	Technique piézoélectrique	Technique conventionnelle
Perforation de la membrane sinusienne	+++	---
	- Sélectivité de coupe - Moins de risque de perforation lors de l'abord osseux et de l'amorce du décollement de la membrane	- Pas de sélectivité de coupe - Risque de perforation sensiblement équivalent lors du décollement de la membrane proprement dit
Risque hémorragique	+++	---
	- Sélectivité de coupe - Effet de cavitation	- Pas de sélectivité de coupe - Risque hémorragique accru
Risque d'échauffement	++	--
	- L'irrigation permet de neutraliser le risque d'échauffement - Système de refroidissement interne de la pièce à main - Très faible pression exercée par l'opérateur	- L'irrigation permet de neutraliser le risque d'échauffement - Elévation de température liée à la vitesse de rotation et à la pression exercée par l'opérateur.
Cicatrisation	+++	---
	Réparation et remodelage osseux accélérés	Cicatrisation plus lente
Qualité de coupe	+++	---
	- Micro vibrations - Coupe microscopique avec une largeur d'incision se situant entre 60 et 200 μm - Coupe plus fine, plus précise et plus régulière	- Macro vibrations - Coupe macroscopique - Coupe moins fine, moins précise et moins régulière
Visibilité opératoire	+++	---
	L'effet de cavitation	- Pas d'effet de cavitation

	permet une meilleure visibilité opératoire	- Moins bonne visibilité opératoire
Temps opératoire	- -	+ +
	Légèrement plus long lorsque la paroi osseuse est épaisse	Vitesse d'exécution identique lorsque la paroi osseuse est fine (de l'ordre du millimètre).
Confort pour le patient	+ + +	- - -
	- Microvibrations moins désagréables pour le patient - Diminution du bruit opératoire	- Macro vibrations augmentant le stress psychologique - Bruit opératoire important
Confort pour le praticien	+ + +	- - -
	- Pression exercée moindre - Diminution du stress opératoire - Précision augmentée - Visibilité augmentée - Maniabilité augmentée` - Nécessite un apprentissage de la gestuelle	- Plus de risque de lésion de la membrane car non sélectivité de coupe - Meilleure sensibilité tactile avec les instruments manuels

CONCLUSION

La piézochirurgie permet d'élargir l'arsenal thérapeutique du praticien et connaît un réel essor depuis les années 2000. Ses utilisations sont variées. En odontologie on peut utiliser l'appareillage piézoélectrique pour réaliser les premières étapes d'un comblement sinusien, mais également pour avulser une dent, prélever un greffon d'os autogène, pratiquer une expansion de crête osseuse, retirer un implant ostéo-intégré, ou encore effectuer une latéralisation du nerf alvéolaire inférieur.

Nous pouvons à ce jour affirmer que cette technique récente fait l'objet de nombreux articles et discussions, notamment un échange en 2009 dans le Clinical Oral Research, entre Vercellotti et Barone (8).

Les avantages de cette technique piézoélectrique semblent de plus en plus nombreux. De nombreuses études ont permis d'avancer que la piézochirurgie appliquée aux comblements sinusiens par voie latérale procure :

- Plus de sécurité opératoire lors de l'abord chirurgical, grâce notamment à son efficacité sur les tissus minéralisés tout en préservant les structures anatomiques molles et fragiles, en particulier la membrane sinusienne, principal danger de cette zone. Cette sécurité acquise grâce aux inserts piézoélectriques est décisive lors des premières étapes de la chirurgie, c'est à dire au moment de la découpe du volet osseux. Cependant, lors du décollement de la membrane sinusienne, une extrême précision et finesse est demandée au chirurgien. Il conviendrait alors peut-être de combiner les deux techniques en commençant avec les inserts ultrasoniques et en terminant le décollement de la membrane avec des curettes manuelles classiques qui apporteront plus de précision au praticien. Concernant la sécurité opératoire, le risque hémorragique sera également diminué, grâce encore une fois à la sélectivité de coupe que possède la technique piézoélectrique ;
- Une meilleure cicatrisation osseuse à court terme ;
- Une précision et une qualité de coupe augmentées ;
- Une visibilité de la zone opératoire de plus grande qualité ;
- Des suites post-opératoires moins désagréables pour le patient ;
- Un confort per-opératoire plus important pour le praticien mais également pour le patient.

Néanmoins, la piezochirurgie semble être pénalisée par la durée opératoire par rapport à une procédure conventionnelle. Il convient tout de même de noter que cette différence n'est vraiment significative que dans des cas où l'os de la paroi sinusienne est épais et dense. On peut se demander si le temps opératoire est réellement un argument déterminant pour nos chirurgies, car il ne semble pas décisif quant à la qualité de notre traitement.

De plus, le coût d'un tel équipement peut décourager certains praticiens à utiliser cette technique. Cependant, la création par les laboratoires de nouveaux modèles plus puissants et une concurrence augmentée devraient faire diminuer le coût d'investissement, ce qui permettra sans doute la démocratisation des chirurgies orales dans nos cabinets dentaires.

Il apparaît donc que la chirurgie piézoélectrique, ou piézochirurgie, devient en chirurgie implantaire et pré-implantaire un élément important en termes de confort, de sécurité et de précision pour le chirurgien-dentiste, lors d'interventions délicates comme les comblements sinusiens.

Par ailleurs, la piézochirurgie ne trouve pas une indication limitée aux chirurgies mineures, mais peut également être utile pour des opérations plus délicates, et pas uniquement dans le cadre de la chirurgie buccale. (93)

Il est tout de même important de préciser que le nombre d'articles qui couvrent ce sujet est insuffisant. Davantage d'études doivent être menées afin d'approfondir les recherches et clarifier les conceptions. (118)

Vu le Président
du Jury

Vu le directeur de
Thèse
P. P. Pouter



BIBLIOGRAPHIE

1 - Aimetti M, Massei G, Morra M, Cardesi E, Romano F

Correlation between gingival phenotype and Schneiderian membrane thickness.
Int J Oral Maxillofac Implants. 2008;23:1128-1132.

2 - Antoun H

Les greffes de sinus en implantologie.
Collection JPIO 2011.

3 - Araujo MG, Sukekava F, Wennstrom JL, Lindhe J

Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets : an experiment study in the dog.
J Clin Periodontol 2005 ; 32 : 645-652.

4 - Ardekian L, Oved-Peleg E, Mactei EE, Peled M

The clinical significance of sinus membrane perforation during augmentation of the maxillary sinus.
J Oral Maxillofac Surg. 2006;64:277-82.

5 - Arshad A, Patton D, El-Sharkawi AMM

Implant rehabilitation of irradiated jaws : a preliminary report.
Int J Oral Maxillofac Impl 1997 ; 12 : 523-526.

6 - Barone A, Santini S, Marconcini S, et al.

Osteotomy and membrane elevation during the maxillary sinus augmentation procedure.
A comparative study: Piezoelectric device vs. conventional rotative instruments.
Clin Oral Implants Res. 2008; 19:511–515.

7 - Barone A, Santini S, Sbordon L, Crespi R, Covani U

A clinical study of the outcomes and complications associated with maxillary sinus augmentation.
Int J Oral Maxillofac Implants. 2006 Jan-Feb ; 21(1) :81-5.

8 - Barone A, Vercellotti T

Letter to the editor.
Clin. Oral. Implant. Res.20, 2009 :526-530.

- 9 - Becker ST, Terheyden H, Steinriede A, Behrens E, Springer I, Wiltfang J**
Prospective observation of 41 perforations of the Schneiderian membrane during sinus floor elevation.
Clin Oral Impl Res 2008;19;1285-9.
- 10 - Berengo M, Bacci C, Sartori M, Perini A, Della Barbera M, Valente M**
Histomorfometric evaluation of bone graft harvested by different methods.
Minerva Stomatol. 2006;55:189-98.
- 11 - Blanquart M, Le Ray AM, Marty E, Michel JF**
Observations in vitro de l'état de surface osseux après chirurgie osseuse assistée par les ultrasons.
Journées internationales de Nice, 30-31 janvier 2009.
- 12 - Blus C, Szmukler-Moncler S**
Relevance of soft tissue cutting with an ultra-sonic surgical device.
Clin Oral Implants Res 2007 (Abstract).
- 13 - Blus C, Szmukler-Moncler S, Orru G, Denotti G, Piras A, Piras V**
Bactericide effect of vibrating ultrasonic tips. An in vitro study.
Clin Oral Implants Res, 2009, 20, 905 (Abstract).
- 14 - Blus C, Szmukler-Moncler S, Salama M, Salama H, Garber D**
Sinus bone grafting, procedure using ultrasonic bone surgery : 5-year experience.
Int J Periodontics Restorative Dent. 2008 ; 28:221- 229.
- 15 - Boioli LT, Vercellotti T, Tecucianu JF**
La chirurgie piézoélectrique une alternative aux techniques classiques de chirurgie osseuse. Inf Dent. 2004 ; 86 (41) : 2887-93.
- 16 - Boynard M**
Les ultrasons en médecine et en biologie.
- 17 - Boyne PJ, James RA**
Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone.
J Oral Surg. 1980 ; 38 : 613-6.
- 18 - Caldwell GW**
Diseases of the accessory sinuses of the nose and a n infrared method of treatment of suppuration of the maxillary antrum.
NY Med J. 1983 ; 58 : 526-8.

19 - Carini F, Morcavallo PS, Riazoli G

Piezosurgery e mini-invasività in chirurgia pre-implantare avanzata.
Il dentista moderno. 2006;72-5.

20 - Carini F, Saggese V, Porcaro G, Baldoni M

Piezoelectric surgery in dentistry : a review.
Minerva Stomatologica. 2014 Jan-Feb;63(1-2):7-34.

21 - Charbit Y, Hitzig C, Diss A

Elevation du plancher sinusien par chirurgie piézoélectrique.
Le Chirurgien Dentiste de France. 2006.

22 - Chiapasco M

Techniche ricostruttive con innesti e/o osteotomie. In : Chiapasco M, Romeo E (eds).
Riabilitazione Implanto-Protesica Dei Casi Complessi.
Torino : UTET, 2003 : 225-303.

23 - Chiriac G, Herten M, Schwarz F, Rothamel D, Becker J

Autogenous bone chips : influence of a new piezoelectric device (Piezosurgery) on chip
morphology, cell viability and differentiation.
J Clin Periodontol. 2005 Sep ;32(9) :994-9.

24 - Cho SC, Wallace SS, Froum SJ, Tarnow D

Influence of anatomy on Schneiderian membrane perforations during sinus elevation
surgery : three-dimensional analysis.
Pract Proced Aesthet Dent. 2001 Mar ;13(2) :160-3.17.

25 - Claire S, Lea SC, Walmsley AD

Characterisation of bone following ultrasonic cutting.
Clin Oral Investig 2013 Apr;17(3):905-12.

26 - Cordioloi G, Mazzocco C, Schepers E, Brignolo E, Majzoub Z

Maxillary sinus floor augmentation using bioactive glass granules and autogenous bone
with simultaneous implant placement.
Clinical. Oral. Implant. Research. 2001 ; 12(3) : 270-278.

27 - Davarpanah M. Szmukler-Moncler S

Simplification des greffes sinusiennes. 2011.

28 - Delilbasi C, Gurler G

Comparison of piezosurgery and conventional rotative instruments in direct sinus
lifting.
Implant Dent. 2013 Dec;22(6):662-5.

29 - Eggers G, Klein J, Blank J et Hassfeld S

Piezosurgery: an ultrasound device for cutting bone and its use and limitations in maxillofacial surgery.

Br J Oral Maxillofac Surg 2004;42(5):451-453.

30 - Ella B, Noble Rda C, Lauverjat Y, Sédarat C, Zwetyanga N, Siberchicot F, Caix P

Septa within the sinus : effect on elevation of the sinus floor.

Br J Oral Maxillofac Surg. 2008 Sep ; 46(6) :464-7.

31 - Engelke W, Schwarzwaller W, Behnsen A, Jacobs HG

Subantrosopic laterobasal sinus floor augmentation (SALSA): an up-to-5-year clinical study.

Int. J. Oral. Maxillofac. Implants. 2003; 18(1) : 135-43.

32 - Fugazzotto PA, Vlassis J

A simplified classification and repair system for sinus membrane perforations.

J. Periodontol. 2003 ; 74(10) : 1534-41.

33 - Galindo-Moreno P, Padial-Molina M, Sánchez-Fernández E, et al.

Dental implant migration in grafted maxillary sinus.

Implant Dent. 2011;20:400–405.

34 - Garcia S, Kunitz E, Sampson K

Piezoelectric effect and its applications – Historical review ; 1998.

35 - Gaudy J-F

Anatomie clinique 2e édition. 2011.

36 - Gaudy J-F

Atlas d'anatomie implantaire. 2011.

37 - Giraud JY, Villemin S, Darmana R, Cahuzac J-Ph, Autefage A, Morucci J-P

Bone cutting.

Clin Phys Physiol Meas. 1991 ; 12(1):1-19

38 - Gleizal A, Li S, Pialat JB, Beziat JL

Transcriptional expression of calvarial bone after treatment with low-intensity ultrasound : an in vitro study.

Ultrasound Med Biol 2006;35:461-5

39 - Greenstein G, Cavallaro J, Romanos G, Tarnow D

Clinical recommendations for avoiding and managing surgical complications associated with implant dentistry : a review.

J periodontol. 2008;79:1317-29.

40 - Happe A

Use of a piezoelectric surgical device to harvest bone grafts from the mandibular ramus: Report of 40 cases.

Int J Periodontics Restorative Dent. 2007; 27:241–249.

41 - Heinemann F, Hasan I, Kunert-Keil C, et al.

Experimental and histological investigations of the bone using two different oscillating osteotomy techniques compared with conventional rotary osteotomy.

Ann Anat. 2012;194:165–170.

42 - Hernandez-Alfaro F

A novel trephine design for sinus lift lateral approach. Case report.

Med Oral Patol Cir Bucal. 2011 Jan 1 ; 16(1) : e79-82.

43 - Hernández-Alfaro F, Torradeflot MM, Marti C

Prevalence and management of Schneiderian membrane perforations during sinus-lift procedures.

Clin Oral Implants Res. 2008;19:91-8.

44 - Hoegel F, Mueller CA, Peter R, Pfister U, Suedkamp NP

Bone debris : dead matter or vital osteoblasts.

Journal of Trauma. 2004;24:484-90.

45 - Horton JE, Tarpley TM, Jacoway JR

Clinical applications of ultrasonic instrumentation in the surgical removal of bone. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1981;51(3):236-242.

46 - Horton JE, Tarpley TM, Wood LD

The healing of surgical defects in alveolar bone produced with ultrasonic instrumentation, chisel, and rotary bur.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1975;39(4):536-546.

47 - Ikada Y

Challenges in tissue engineering.

Journal of the Royal Society Interface, vol. 3, no. 10, pp. 589–601, 2006.

48 - Jensen J

Treatment planning for sinus graft.

Quintessence ed, vol, Chicago. 1999.

49 - Kennedy DW, Zinreich SJ

Endoscopic sinus surgery.

Paparella laryngology, vol. 3. Philadelphia : Saunders. 1991 : 1861-72.

50 - Kerawala CJ, Martin IC, Allan W, Williams ED

The effects of operator technique and bur design on temperature during osseous preparation for osteosynthesis self-tapping screws.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1999 Aug ;88(2) :145-50.

51 - Khambay BS, Walmsley AD

Investigations into the use of an ultrasonic chisel to cut bone. Part 1: Forces applied by clinicians.

J Dent 2000a;28(1):31-37.

52 - Khambay BS, Walmsley AD

Investigations into the use of an ultrasonic chisel to cut bone. Part 2: Cutting ability.

J Dent 2000b;28(1):39-44.

53 - Khoury F

Augmentation of the sinus floor with mandibular bone block and simultaneous implantation : a 6-year clinical investigation.

Int. J. Oral. Maxillofac. Implants. 1999 ; 14(4) : 557-564.

54 - Koskievic J

Apport de la piézo-électricité en chirurgie implantaire.

[http:// www.abcdent.fr](http://www.abcdent.fr)

55- Kotrikova B, Wirtz R, Krempien R

Piezosurgery : a new safe technique in cranial osteoplasty?

Int J Oral Maxillofac Surg, 2006.

56 - Kunert-Keil C, et al.

Experimental and histological investigations of the bone using two different oscillating osteotomy techniques compared with conventional rotary osteotomy.

Ann Anat. 2012;194:165–170.

57- Labanca M, Azzola F, Vinci R, Rodella LF

Piezoelectric surgery : twenty years of use.

Br J Oral Maxillofac Surg. 2008 Jun ; 46(4) :265-9.

58 - Lambrecht JT

La piézochirurgie intraorale.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 2004;114:34-36.

59 - Lea SC, Price GJ et Walmsley AD

A study to determine whether cavitation occurs around dental ultrasonic scaling instruments. Ultrason Sonochem 2005;12(3):233-236.

60 - Leclercq P, Dohan D

De l'intérêt du bistouri ultrasonore en implantologie : technologies, applications cliniques. Première partie : technologies.
Implandontie. 2004.

61 - Lekholm U, Zarb GA

Prothèses ostéo-intégrées – L'ostéointegration en pratique clinique. Sélection et préparation du patient.
Paris : CdP,1988:199-208.

62 - Luc H

Une nouvelle méthode opératoire pour la cure radicale et rapide de l'empyème chirurgical de sinus maxillaire.
Arch Int Larynol Otol Rhino. 1997 ; 10 : 273-85.

63 - Maksoud MA

Complications after maxillary sinus augmentation.
Implant. Dent. 2001; 10(3) : 168-170.

64 - Maujean E, Struillou X

Traitement implantaire du maxillaire postérieur : une revue de la littérature.
Rev. Odonto. Stomatol. 2003 ; 33 : 201-227.

65 - Mectron SRL (Laboratoire)

Piezosurgery. Livret clinique. Carasco : Mectron, 2007.

66 - Misch CE

Division of available bone. In : Misch CE (ed).
Contemporary implant dentistry (2e éd). St Louis : Mosby, 1999 : 89-107.

67 - Misch CE

Maxillary Sinus augmentation for endosteal implants: organized alternative treatment plans. Int J Oral Implantol 1987;4(2):49-58.

68 - Morgensen C, Tos M

Quantitative histology of the maxillary sinus.
Rhinology 1977;15:129-134

69 - Nielson AG, Richard, Wolcott

Ultrasonic dental cutting instrument part I.
J. Am. Dent. Assoc. 1955; 50: 392.

70 - Norton Neil S

Précis d'anatomie clinique de la tête et du cou. 2009.

71 - Oh E, Kraut RA

Effect of sinus membrane perforation on dental implant integration: A retrospective study on 128 patients.
Implant Dent. 2011;20: 13–19.

72 - Pavlíková G, Foltán R, Horká M, et al.

Piezosurgery in oral and maxillofacial surgery.
Int J Oral Maxillofac Surg. 2011; 40:451–457.

73 - Peivandi A, Bugnet R, Debize E, Gleizal A, Dohan DM

Piezoelectric osteotomy : applications in periodontal and implant surgery. `.
Rev Stomatol Chir Maxillofac. 2007 Nov ;108(5) :431-40.

74 - Pippi R, Alvaro R

Piezosurgery for the lingual split technique in mandibular third molar removal: A suggestion. J Craniofac Surg. 2013;24:531–533.8.

75 - Poblete M, Marie G, Michel J-F

Les applications chirurgicales des Ultrasons. 2008.

76 - Proussaefs P, Lozada J, Kim J, Rohrer MD

Repair of the perforated sinus membrane with a resorbable collagen membrane: a human study.
Int J Oral Maxillofac Implants. 2004;19:413-20.

77 - Raghoobar G, Timmenga N, Reintsema H, Stegenga B, Vissink A

Maxillary bone grafting for insertion of endosseous implants : results after 12-124 months. Clinical. Oral. Implants. Research. 2001 ; 12(3) : 279-286.

78 - Reiser G, Rabinovitz Z, Bruno J, Damoulis P, Griffin T

Evaluation of maxillary sinus membrane response following elevation with the crestal osteotome technique in human cadaver.
Int. J. Oral. Maxillofac. Implants. 2001; 16: 833-40.

79 - Renouard F, Rangert BO

Facteurs de risque et traitements implantaires.
Ed. Paris, quintessence international. 2005.

80 - Reveg E, Smith RA, Perrot DH, Pogrel MA

Maxillary sinus complications related to endosseous implants.
Int J Maxillofac Implants. 1995 ; 10 : 451-61

81 - Rey JP

Piézochirurgie et élévation du plancher sinusien. Communiqué.

82 - Rickert D, Vissink A, Slater JJ, Meijer HJ, Raghoobar GM

Comparison between conventional and piezoelectric surgical tools for maxillary sinus floor elevation. A randomized controlled clinical trial.
Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Apr;15(2):297-302.

83 - Rosano G, Taschieri S, Gaudy JF, Del Fabbro M

Maxillary sinus septa : a cadaveric study.
J Oral Maxillofac Surg. 2010;68:1360-1364

84 - Satelec Acteon Equipement (Laboratoire)

Piezotome. Livret clinique.
Merignac : Satelec Acteon Equipement, 2006.

85 - Schaeren S, Jaquiere C, Heberer M, Tolnay M, Vercellotti T, Martin I

Assessment of nerve damage using a novel ultrasonic device for bone cutting.
J Oral Maxillofac Surg 2008 Mar;66(3):593-6.

86 - Schlee M, Steigmann M, Bratu E, et al.

Piezosurgery: Basics and possibilities.
Implant Dent. 2006;15:334-340.

87 - 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. 2004;75:511-516

88 – Scweiz M.

Sinus anatomy 1ere edition. 2004

89 - Seban A, Bonnaud A

Pratique clinique des greffes osseuses et implants (modalités thérapeutiques et prise en charge des complications). 2012.

90 - Sharan A, Madjar D

Maxillary sinus pneumatization following extractions: A radiographic study.
Int J Oral Maxillofac Implants 2008;23:48-56.

91 - Siervo S, Ruggli-Milic S, Radici M, Siervo P, Jäger K

Piezoelectric surgery. An alternative method of minimally invasive surgery. 2013.

92 - Sohn DS, Ahn MR, Lee WH, Yeo DS, Lim SY

Piezoelectric osteotomy for intraoral harvesting of bone blocks.
Int J Periodontics Restorative Dent. 2007;27:127-31.

93 - Stübinger S, Kuttenger J, Filippi A, Sader R, Zeilhofer HF

Intraoral piezosurgery : preliminary results of a new technique.
J Oral Maxillofac Surg. 2005 Sep ;63(9) :1283-7.

94 - Takashi R

The formation of the human paranasal sinuses.
Acta Otolaryngol. 1984 ; 408 : 1-28

95 - Tatum OH

Maxillary and sinus implant.
Dent Clin North, AM, 1986 ; 1986 : 207-229.

96 - Tecucianu JF

La chirurgie piézoélectrique. Une alternative aux techniques classiques de chirurgie osseuse. Inf Dent 2004 ;86 :2887-2893.

97 - Timmenga NM, Raghoobar GM Liem RS, Van Weissenbruch R, Manson WL, Vissink A

Effects of maxillary sinus floor elevation surgery on maxillary sinus physiology.
Eur J Oral Sci. 2003 Jun ;111(3) :189-97.

98 - Torella F, Pitarch , Cabanes G, Anitua E

Ultrasonic osteotomy for the surgical approach of the maxillary sinus: A technical note.
Int. J. Oral. Maxillofac. Implants.1998; 13: 697-700.

99 - Toscano N, Holtzclaw D, Rosen PS

The effect of piezoelectric use on open sinus lift perforation: a retrospective evaluation of 56 consecutively treated cases from private practices.
J Periodontol. 2010 Jan;81(1):167-71.

100 - Tuffreau E, Gabarini L

Piézochirurgie : Données actuelles – Étude comparative d'échauffement osseux par thermographie infrarouge. Mémoire pour le diplôme universitaire de parodontologie et réhabilitation orale.

Faculté de chirurgie dentaire de Rennes, octobre 2006.

101 - Van den Bergh JP, Ten Bruggenkate Cm, Disch FJ, Tuinzing DB

Anatomical aspects of sinus floor elevation.

Clin Oral Implants Res. 2000 Jun ; 11(3)256-65.

102 - Van Der Weijden F

Le monde fascinant des ultrasons.

Éd. Quintessence International, 2007.

103 - Vercellotti T

La chirurgia ossea piezoelettrica.

Il dentista moderno. 2003 ; 5:21-55.

104 - Vercellotti T

Piezoelectric surgery in implantology: A case report—A new piezoelectric Ridge expansion technique.

Int. J. Periodontics. Restorative. Dent. 2000; 4: 359-365.

105 - Vercellotti T

Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery.

Minerva Stomatol. 2004 May ;53(5) :207-14.

106 - Vercellotti T, Boioli LT, 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. 2009;14:E133-6.

107 - Vercellotti T, Boioli LT, Tecucianu JF

La chirurgie piézoélectrique. Une alternative aux techniques classiques de chirurgie osseuse.

Inf Dent. 2004

108 - Vercellotti T, Crovace A, Palermo A, Molfetta A.

The piezoelectric osteotomy in orthopedics: Clinical and histological evaluations (Pilot study in animals).

Mediterranean Journal of Surg Med. 2001; 9: 89-95.

109 - Vercellotti T, De Paoli S, Nevins M

The piezoelectric bony window osteotomy and sinus membrane elevation: Introduction of a new technique for simplification of the sinus augmentation procedure.

Int. J. Periodontics. Restorative. Dent. 2001; 21: 561-567.

110 - Vercellotti T, Mora F, Dellepiane M, Salzano FA, Jankowska B, Rocca A et al.

Nuove tecnologie in chirurgia orale.

Relazione ufficiale-Gruppo alta italia di otorinolaringoiatria e chirurgia cervico-facciale.
2005 Dicembre

111 - Vercellotti T, Nevins ML, Kim DM, Nevins M, Wada K, Schenk RK, Fiorellini JP

Osseous response following resective therapy with piezosurgery.

Int J Periodontics Retorative Dent. 2005 Dec ; 25(6) :543-9.

112 - Vertebrate Paleontology

Memoir 3 1997 ; 1-73.

113 - Volkov MV, Shepeleva IS

The use of ultrasonic instrumentation for the transection and uniting of bone tissue in orthopaedic surgery.

Reconstr Surg Traumatol 1974 Jan;14:147-52.

114 - Wallace SS, Mazor Z, Froum SJ, Cho SC, Tarnow DP

Schneiderian membrane perforation rate during sinus elevation using piezosurgery : clinic results of 100 consecutive cases.

Int J Periodontics Restorative Dent. 2007 Oct ;27(5) :413-9.

115 - Wallace SS, Froum SJ

Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review.

Ann. Periodontol. 2003; 8(1): 328-43.

116 - Williams AR, Chatter BV

Mammalian platelet damage in vitro by an ultrasonic therapeutic device.

Arch Oral Bio. 1980;25:175

117 - Witmer LM

The evolution of the antorbital cavity of Archosaurs : a study in soft-tissue reconstruction in the fossil record with an analysis of the function of pneulacity.

118 - Yaman Z, Suer BT

Piezoelectric surgery in oral and maxillofacial surgery.

Annals of Oral & Maxillofacial Surgery 2013 Feb 01;1(1):5.

119 - Zimble MS, Lebowitz RA, Glickman R

Antral augmentation osseointegration and sinusitis : The otolaryngologist perspective.
Am J Rhinol. 1998 ; 12 : 311-6

Sites internet :

120-http://www2.ac-lyon.fr/etab/lycees/lyc-69/descartes/IMG/pdf/Poirel_2_-_piezo.pdf

**121-
http://www.siopa.fr/Professionels_B_implants_dentaires_articlesf.html?ID%20Article=13)**

122 - http://www.implants.fr/protocoles/piezo_3_mectron.pdf

123 - <http://www.mectron.fr/sinus-lift-kit.1054.0.html>

124 - <http://ice.chem.wisc.edu/~ice/materials/piezo.html>

APPORTS DE LA PIEZOCHIRURGIE DANS LES COMBLEMENTS DE SINUS PAR VOIE LATERALE

RESUME EN FRANÇAIS:

Depuis les années 2000, les techniques ultrasoniques ont connu un réel essor. La technique ultrasonique chirurgicale dite « piézochirurgie » trouve notamment son indication lors de chirurgies de comblements sinusiens par voie latérale.

Le but de ce travail est de déterminer quels vont être les apports de la chirurgie piézoélectrique dans ce type de chirurgie pré-implantaire par rapport à une chirurgie conventionnelle non ultrasonique.

Les principes de la piézochirurgie comprenant une incision sélective, micrométrique et douce, ainsi qu'un respect de l'organisation tissulaire et la présence d'un effet de cavitation, nous permettent de démontrer que cette technique chirurgicale s'avère être une approche atraumatique de la chirurgie osseuse. Elle permet de sécuriser l'acte opératoire et apporte une précision, une qualité de coupe ainsi qu'une rapidité de cicatrisation jusqu'alors inégalées. Même si le temps opératoire chirurgical est parfois majoré en cas de paroi osseuse épaisse, la piézochirurgie procure un véritable confort pour le patient mais aussi pour le praticien, grâce en partie à une visibilité opératoire augmentée.

TITRE EN ANGLAIS: INTEREST OF PIEZOELECTRIC SURGERY IN LATERAL SINUS AUGMENTATION

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE: CHIRURGIE DENTAIRE

MOTS CLES: piézochirurgie, chirurgie piézoélectrique, effet piézoélectrique, ultrasons, comblement sinusien, implantologie, chirurgie pré-implantaire

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR :

UNIVERSITE TOULOUSE III-PAUL SABATIER
Faculté de Chirurgie Dentaire
3, chemin des Maraîchers
31062 TOULOUSE CEDEX 9

DIRECTEUR DE THESE : Dr Pierre-Pascal POULET