

UNIVERSITE DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année : 2007

N° :

APPORTS DE LA PIÉZOCHIRURGIE
EN CHIRURGIE IMPLANTAIRE
ET PRÉ-IMPLANTAIRE.

THÈSE POUR LE DIPLOME D'ÉTAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

*présentée
et soutenue publiquement par*

VAINER - Fanny

née le 13 Novembre 1981

le 13 Novembre 2007 devant le jury ci-dessous

*Président M. le professeur LABOUX Olivier
Assesseur M. le docteur LEBORGNE Sylvain
Assesseur M. le docteur BOIX Damien*

Directeur de thèse : M. le docteur HOORNAERT Alain.

SOMMAIRE

I. Introduction	5
II. La chirurgie piézoélectrique	6
1. Historique	6
1.1. Apparition de la piézochirurgie	6
1.2. Les pionniers	7
2. Principes physiques de la piézoélectricité	8
2.1. Les ultrasons	8
2.2. L'effet piézoélectrique	9
2.3. Le phénomène de cavitation	11
3. Apports des générateurs piézoélectriques	12
3.1. Instrumentation existante	12
3.1.1. Les instruments manuels	12
3.1.2. Les outils de coupes motorisés	12
3.1.3. Les instruments piézoélectriques	13
3.2. Sélectivité de l'effet de coupe	14
3.3. Hémostase	14
3.4. Histologie	15
3.5. Evaluation radiologique	17
3.6. Cicatrisation osseuse	17
4. Systèmes disponibles en piézochirurgie	20
4.1. Principes technologiques du bistouri ultrasonore	20
4.2. Piezosurgery ® de Mectron®	22
4.3. Piezotome ® de Satelec®	24
4.3.1. Applications cliniques du Piezotome®	24
4.3.2. Systèmes de contrôle des instruments	25
4.3.3. Performances	25
4.3.3.1. Mode modulation Piezotome®	25
4.3.3.2. Pièce à main piézoélectrique boostée	26
4.3.4. Instruments d'ostéotomie	27
4.3.5. Instruments d'élévation de sinus	30
4.3.6. Instruments de syndesmotomie	32

4.3.7. Maintenance	33
4.3.7.1. Décontamination et reconditionnement	33
4.3.7.2. Instruments et accessoires	33
4.3.7. 3. Générateur	34
4.4. Surgysonic® de Amtech®	34
4.4.1. Le générateur	34
4.4.2. Les différents inserts	35
4.5. Piezon Master Surgery® de EMS®.....	36
4.5.1. Le générateur	36
4.5.2. Les inserts	37
5. Indications générales de la piézochirurgie.....	40
5.1. Applications cliniques en odonto-stomatologie	40
5.1.1. Chirurgie exodontique	40
5.1.2. Chirurgie endodontique	40
5.1.3. Chirurgie parodontale	41
5.1.4. Chirurgie implantaire et pré-implantaire	41
5.1.5. Autres applications en odontologie	42
5.2. Applications cliniques en médecine	42
5.2.1. Application à la chirurgie orthopédique	42
5.2.2. Application à la chirurgie cranio-faciale	43
5.2.3. Application à la chirurgie orthognatique	43
5.2.4. Application aux chirurgies oto-rhino-laryngologiques	45
5.2.5. Autres applications en médecine	46
5.3. Contre indications	46
III. Chirurgie osseuse pré-implantaire	47
1. Bilan médical pré-implantaire	47
2. Rappels d'anatomie buccale	48
2.1. Spécificités du maxillaire	48
2.2. Spécificités de la mandibule	49
2.3. Classification osseuse	51
2.3.1. Classification de l'os résiduel	51
2.3.2. Classification de l'os selon sa densité	52
2.4. Déficit osseux	52
3. Prélèvements osseux	53

3.1. Matériaux de comblement osseux	53
3.2. Greffe d'apposition d'os autogène	54
3.2.1. Sites de prélèvement	54
3.2.2. Prélèvement mentonnier	55
3.2.3. Prélèvement ramique	56
3.2.4. Prélèvement au niveau de la tubérosité zygomatique au maxillaire.....	56
3.2.5. Prélèvement au niveau de l'os iliaque	57
3.2.6. Prélèvement au niveau de l'os pariétal	58
3.2.7. Qualités exigées du site récepteur et du greffon	59
3.3. Reconstruction	59
3.4. Complications	60
3.4.1. Complications immédiates	60
3.4.2. Complications secondaires	60
3.4.3. Complications tardives	60
4. Alternatives aux greffes d'apposition et complements sinusiens	62
4.1. Régénération osseuse guidée	62
4.2. Distraction alvéolaire	63
4.3. Comblement sinusien par voie latérale.....	65
4.4. Expansion de crêtes osseuses par ostéotomes	67
IV. Application clinique de la piézochirurgie en chirurgie implantaire et pré-implantaire	69
1. Expansion de crête osseuse	69
2. Prélèvement de greffon d'origine ramique, symphysaire ou tubérositaire	70
3. Prélèvement particulière en copeaux ou en bloc d'os cortical	74
4. Ostéotomies lors de l'insertion de lames ramiques, et lors de la latéralisation du nerf alvéolaire inférieur	75
5. Ostéotomie de la paroi latérale du sinus lors de comblement de sinus.....	78
Risques liés au comblement de sinus.....	78
Ostéotomie de la face externe du maxillaire.....	79
Décollement de la muqueuse sinusienne	79
Comblement de la cavité sinusienne.....	80
6. Dépose d'implants ostéo-intégrés	82
7. Extraction atraumatique de dents dans les techniques d'extraction-implantation immédiates	84

8. Préparation du site receveur dans les greffes d'apposition	86
9. Préparation des sites pour l'ostéodistraktion	86
10. Pose d'implants juxta-canaux	87
V . Discussions	90
1. Avantages de la chirurgie piézoélectrique	90
2. Limites d'utilisation	92
VI . Conclusions	94
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	96

I – Introduction

L'instrumentation utilisée en chirurgie buccale n'a pas connu de réelles innovations au cours des dernières décennies. Une instrumentation rudimentaire a longtemps paru suffisante à la réalisation des interventions en chirurgie buccale, en raison du fort potentiel de cicatrisation de la sphère orale et de l'absence de risque vital important.

Cependant, cette instrumentation ne permet pas de travailler avec précision au niveau des maxillaires. La réalisation d'ostéotomie et d'ostéoplastie, en chirurgie osseuse, nécessitait encore récemment l'application peu efficiente d'une instrumentation très polyvalente, parfois même dangereuse : scie oscillante, ciseaux à os et marteau, pièce à main et fraise à os....

Néanmoins, l'étroitesse d'accès aux sites chirurgicaux, les difficultés rencontrées par les praticiens et les traumatismes laissés aux patients ne peuvent être ignorés. L'apparition récente de techniques utilisant les ultrasons a permis d'apporter une précision jusqu'alors inégalée et de sécuriser ces actes. La chirurgie piézoélectrique a été développée par des chirurgiens maxillo-faciaux dans le but de répondre à certaines difficultés de leur propre exercice, à partir de technologies piézoélectriques couramment utilisées sous forme de détarteurs ultrasonores. D'abord utilisée pour la réalisation de soulèvements de sinus, la piézochirurgie a élargi sur plusieurs années son champ d'application en odontologie et en médecine. (25, 30, 35)

Le développement d'une instrumentation adaptée à chaque situation chirurgicale est un élément déterminant dans la standardisation et dans l'assurance de sécurité des interventions les plus complexes. Ainsi, la recherche clinique permet de rendre certaines chirurgies délicates en actes planifiés et reproductibles. Il apparaît donc que la chirurgie piézoélectrique, ou piézochirurgie, devient un élément important en termes de confort, de sécurité et de précision pour le chirurgien-dentiste en chirurgie implantaire et pré-implantaire, lors d'interventions délicates comme les ostéotomies, ostéoplasties, expansion de crête, syndesmotomie ou encore élévation de sinus, par exemple. (36)

Dans un premier chapitre, les principes de la piézochirurgie seront décrits. Puis, des rappels et généralités sur la chirurgie pré-implantaire seront exposés. Enfin, un certain nombre d'applications de la piézochirurgie en chirurgie implantaire et pré-implantaire sera exposé.

II – La chirurgie piézoélectrique

1. Historique

1.1. Apparition de la piézochirurgie

L'effet piézoélectrique a été découvert dès 1880, par les physiciens Pierre et Marie Curie, en collaboration avec Gabriel Lippmann. Ces derniers démontrent que l'application de contraintes et de forces de compression sur certains corps solides induit une charge électrique mesurable. D'où le choix du terme « Piezo », qui provient du verbe grec « piezen », signifiant « comprimer » ou « presser ». Ces corps solides dotés d'une telle propriété ont des structures cristallines comme le quartz, la tourmaline, le sel de seignette ou le titanate de baryum. Aujourd'hui, les cristaux de quartz ont été abandonnés et les pièces à main piézoélectriques sont majoritairement constituées de pastilles de céramique piézoélectriques de structures cristalline à base de titanate de baryum ou équivalent, dont les résistances aux vibrations et les fréquences de résonance sont mieux adaptées aux applications cliniques. (17, 32, 34, 51)

En 1953, 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. (61)

L'utilisation des instruments ultrasoniques et piézoélectriques en odontologie est donc connue et largement utilisée depuis déjà des décennies.

En ce qui concerne l'utilisation des instruments ultrasoniques pour la réalisation d'ostéotomies, c'est Horton qui en proposera l'étude en 1975 et en 1981. A cette période, il arrive déjà à la conclusion qu'il est possible de réaliser des ostéotomies de façon simple et précise avec les ultrasons. Il observe également que les instruments ultrasoniques permettent une cicatrisation osseuse rapide avec la présence de lacunes de formations ostéoïdes en surface. (23, 24)

Cependant, ce n'est qu'en 1997 que 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. A l'issue de cette expérience l'auteur constate les limites de cette instrumentation en chirurgie osseuse, comme l'inefficacité de coupe et la nécrose osseuse due à l'élévation de température. (26, 27)

C'est ainsi que, dès 1998, et en partenariat avec Mectron Medical Technology Srl, Vercellotti invente le premier appareil ayant la capacité de produire des microvibrations à ultrasons de type piézoélectrique avec une puissance adaptée à la chirurgie osseuse.

Il s'agit là, non seulement d'une nouvelle instrumentation inventée dans le but de dépasser les limites de l'instrumentation traditionnelle de chirurgie buccale, mais aussi d'une nouvelle technique chirurgicale impliquant de nouveaux protocoles. (48)

1.2. Les pionniers

Horton et coll. (1981) décrivent pour la première fois la réalisation d'ostéotomie par instruments ultrasoniques.

Torrella et coll. (1998), Vercellotti et coll. (2001) ont actualisé ces techniques par la mise au point d'un appareil adapté à notre pratique chirurgicale. (11)

2. Principes physiques de la piézoélectricité

2.1. Les ultrasons

Les ultrasons sont des ondes dont la fréquence est supérieure à 20 000 Hertz (vibrations par seconde) ; à partir de 500 MHz on parle d'hypersons. Les hommes perçoivent les ondes entre 20 et 20 000 Hertz. Les ultrasons sont donc des ondes mécaniques inaudibles par l'homme et biologiquement inoffensives.

Cependant, par simple phénomène d'agitation, ils peuvent induire la désorganisation et la fragmentation de toutes les interfaces entre deux corps de nature différente. Les vibrations ultrasonores permettent aisément le clivage des interfaces solide-solide, par vibration différentielle, et solide-liquide, par cavitation.

Développés dans les années 50, les ultrasons sont aujourd'hui largement répandus, notamment dans le domaine de l'instrumentation et de l'imagerie médicale.

Les ultrasons permettent de réaliser des images en coupe des tissus mous du corps humain à partir de l'amplitude des échos rétrodiffusés lors de la propagation d'impulsions mécaniques de haute fréquence, de 2 à 10 MHz, dans ces tissus.

Ainsi, les ultrasons occupent une place importante en diagnostic médical en raison du caractère non ionisant et non dangereux de cette technique. Les ultrasons sont générés par des transducteurs piézo-électriques qui fonctionnent par alternance en émission et en réception. Les capteurs utilisés pour former les images sont constitués d'un grand nombre de transducteurs élémentaires qui constituent des réseaux ou des matrices. (10)

Dans le cadre de la chirurgie piézoélectrique, les fréquences utilisées sont situées entre 22 et 30 kHz, et l'onde est transmise par l'intermédiaire d'un transducteur et de son insert.

Les vibrations piézoélectriques sont constitués d'ondes qui :

- se déplacent longitudinalement ;
- se déplacent dans un milieu ;
- sont reflétées et absorbées à l'interface des différentes surfaces rencontrées. (35, 51)

Les ultrasons peuvent engendrer des phénomènes thermiques, on peut donc brûler des tissus biologiques avec des ultrasons, ce qui explique le nécessaire couplage de

l'instrumentation ultrasonore avec une irrigation afin de refroidir les parties travaillantes et les tissus.

La célérité d'une onde ultrasonore ne dépend que des propriétés mécaniques du milieu, c'est à dire du module d'élasticité et de la masse volumique :

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

c : célérité

ρ : masse volumique

E : module d'élasticité (8)

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 par rapport à la célérité dans les tissus mous.

2.2. L'effet piézoélectrique

L'usage d'instruments piézoélectriques en odontologie s'est généralisé et leur efficacité est démontrée par de nombreuses études cliniques. (51)

Actuellement on utilise le terme « piézo » pour décrire deux effets physiques distincts mais liés, l'effet direct et l'effet indirect.

L'effet direct est lié aux propriétés qu'ont certains corps solides dits « piézoélectriques » (quartz ou céramique par exemple) à se polariser électriquement (déplacement de charges positives et négatives) sous l'action d'une force mécanique. L'application de forces mécaniques extérieures sur un matériau à structure cristalline, anisotrope, entraîne le déplacement des charges électriques, soit en direction orthogonale, soit de manière colinéaire par rapport à l'axe de polarité interne du cristal, et il en résulte de ce fait une différence de potentiel à sa surface.

L'effet indirect ou inverse est lié à l'ensemble des déformations (dilatations ou contractions) de certains corps dits « piézoélectriques » sous l'effet de polarisation, lors de l'application d'un champ électrique. Dans un matériau piézoélectrique l'application de

contraintes mécaniques extérieures provoque donc le déplacement des centres de charges électriques δ^+ et δ^- , qui permet de détecter à la surface initialement neutre une différence de potentiel dipolaire, ce phénomène ne se produit pas dans un cristal à structure ionique symétrique et homogène. Les qualités nécessaires à un matériau pour le comportement piézoélectrique sont la structure cristalline et la possibilité du déplacement des charges positives et négatives les unes par rapport aux autres, au sein d'une cellule élémentaire.

Les pièces à main piézoélectriques sont donc soumises à un effet indirect ou inverse. (17, 32, 51)

Pour cet effet piézoélectrique indirect, la polarisation permanente des molécules joue un rôle décisif. Cet effet est mis à contribution pour le transfert de mouvements longitudinaux ou transversaux de certains matériaux ferro-électriques, par exemple pour créer des dispositifs de coupe ou de section chirurgicale. (32)

La chirurgie piézoélectrique repose sur l'utilisation d'un courant alternatif de moyenne fréquence, transmis par un générateur à un transducteur (pièce à main contenant des pastilles de céramique) qui va produire des oscillations mécaniques. Celles-ci sont, à leurs tours, transmises à des inserts qui vont générer des microvibrations longitudinales (amplitude de 40 à 200 μm) et verticales (amplitude de 20 à 60 μm) qui varient en fonction de la puissance appliquée (de 10 à 55 W) et de la fréquence sélectionnée (de 22 kHz à 32 kHz). (30)

Le courant électrique génère une déformation des pastilles céramiques. Les mouvements de ces dernières entraînent des vibrations dans l'axe du transducteur. L'amplificateur, couplé à l'insert, augmente ensemble les déplacements vibratoires émis par les pastilles céramiques. Ces micro-mouvements se font à une fréquence de 22 à 30 kHz, en fonction de l'insert. L'insert vibre donc dans un axe longitudinal. La contre masse amortie les vibrations vers l'arrière et optimise le rendement électromécanique. A ces fréquences, seuls les tissus minéralisés peuvent être coupés. (51)

L'utilisation de la pièce à main est couplée à une irrigation de sérum physiologique réfrigéré. (61)

Actuellement, la plupart des détartreurs ultrasonores utilisent la piézoélectricité inverse. Pourtant aucun des inserts de ces détartreurs ne permet de couper les tissus mous et encore moins les tissus durs.

Ainsi, le bistouri ultrasonore se démarque des détartreurs classiques par quatre paramètres qui sont les fréquences du générateur, la masse, la dureté et la forme des inserts.

La piézoélectricité est donc trois fois plus efficace que les instruments ultrasoniques habituellement utilisés, et ainsi peut être utilisé pour couper des tissus osseux minéralisés. (48)

2.3. Le phénomène de cavitation

La cavitation est un phénomène de micro-ébullition du liquide se produisant au niveau de toutes les interfaces solide-liquide vibrant à 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. En fait, ce phénomène se produit à toutes les transitions acoustiques entre vibrations des solides et ondes ultrasonores des liquides, quel qu'en soit le sens de transmission.

Ce phénomène est recherché dans de nombreuses applications, telles que les cuves de nettoyage ultrasonores, où l'apparition de ces bulles et leur implosion sur toute la surface des instruments immergés permet leur nettoyage. Au niveau des détartreurs la cavitation apparaît lorsque le spray d'eau entre au contact de l'insert vibrant en moyenne fréquence avec la formation d'un brouillard de cavitation caractéristique de ces instruments. (35)

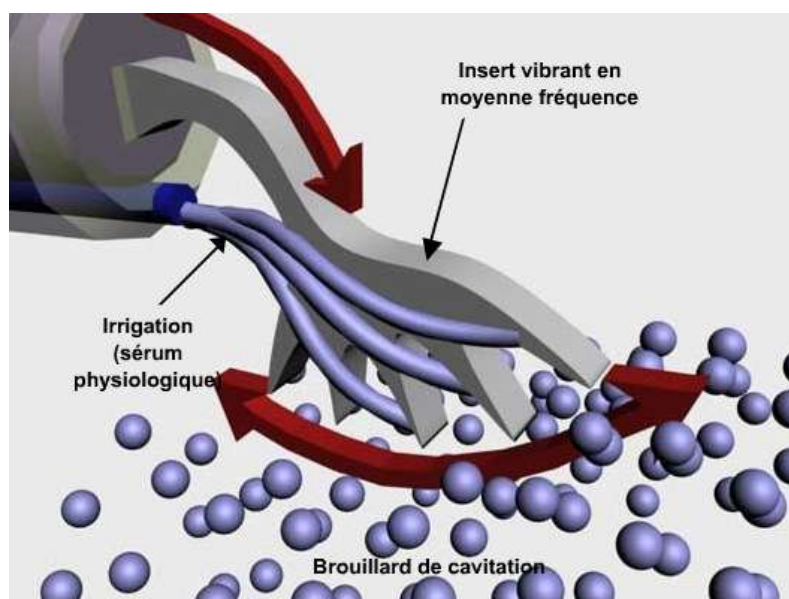


Figure 1 : Le phénomène de cavitation (35)

3. Apports des générateurs piézoélectriques

3.1. Instrumentation existante

Les instruments dédiés aux chirurgies pré-implantaires et implantaires sont de plus en plus sophistiqués. Trois types d'instruments pour la chirurgie buccale sont actuellement disponibles : les instruments manuels, les instruments motorisés et les appareils piézoélectriques. (51)

3.1.1. Les instruments manuels

Les instruments manuels se caractérisent par une notable efficacité de coupe liée à la force mécanique s'exerçant de façon instantanée. Ils restent efficaces mais très peu manœuvrables.

Ils bloquent la visibilité du praticien. De plus, les efforts déployés lors des interventions sont considérables et leur utilisation reste très traumatisante pour le patient.

Parmi ces instruments, les plus utilisés restent les scalpels, maillets, ostéotomes chirurgicaux et gouges. Ils sont encore utilisés dans des zones faciles d'accès, mais sont souvent associés à des instruments motorisés. (51)

3.1.2. Les outils de coupes motorisés

Les outils de coupes motorisés transforment leur énergie électrique ou pneumatique en énergie mécanique, produisant des micro-vibrations sur la fraise ou scie à os. Différents mouvements de coupe ont été introduits tels que les mouvements circulaires et rectilignes.

Les scies oscillantes et les fraises à os montées sur pièces à main offrent un couple important particulièrement intéressant en chirurgie osseuse, mais les rend dangereuses à utiliser à proximité d'obstacles anatomiques majeurs.

Les fraises actionnées par un micromoteur obligent le praticien à s'opposer au couple de rotation de l'instrument.

Les scies produisent quant à elles des macro-vibrations qui nécessitent également d'être maîtrisées par le praticien. Le trait de coupe d'une scie ne permet pas au chirurgien-dentiste de contrôler sa profondeur.

Il est donc préférable de finir ce type d'intervention à l'aide d'instruments manuels afin de ne pas endommager les tissus mous, nerfs ou membranes.

Cependant, s'il est vrai que les pièces à main permettent l'utilisation d'instruments à cols longs pour intervenir en profondeur, ce qui est difficile avec les grosses têtes des contre-angles et des turbines, le bistouri ultrasonore demeure l'instrument le plus intéressant pour agir avec une faible contrôle visuel dans des zones difficiles d'accès.

D'autre part, les instruments rotatifs sont susceptibles d'induire des effets néfastes compte tenu de la production de fortes températures pouvant altérer la régénération osseuse. L'échauffement osseux sera limité en utilisant des fraises neuves avec un fort pouvoir de coupe et une instrumentation intégrant une irrigation de solution réfrigérée.

Enfin, la répercussion des vibrations, d'autant plus importante que la force exercée de l'opérateur est élevée, est particulièrement difficile pour le patient, entraînant un traumatisme qui pourra le rendre réticent à toute autre intervention.

L'utilisation des instruments rotatifs reste donc contestée. (35, 48, 51)

3.1.3. Les instruments piézoélectriques

La piézoélectricité en chirurgie pré-implantaire apporte plus de sécurité et de confort au praticien. En effet, elle permet d'élaborer des coupes précises, fines, sans effort et sans lésion sur les tissus mous. Les douleurs post-opératoires sont diminuées et la cicatrisation améliorée par rapport aux instruments rotatifs.

Finalement, le geste chirurgical lors de l'utilisation des instruments piézoélectriques diffère beaucoup des autres techniques de chirurgie osseuse. Cette technique nécessite donc un apprentissage de la gestuelle afin de trouver le propre équilibre entre la pression exercée par le praticien et la vitesse de l'insert. (51)

3.2. Sélectivité de l'effet de coupe

Grâce aux basses fréquences sélectionnées comprises entre 22 et 30 kHz, le générateur d'ultrasons piézoélectrique est actif sur les tissus durs et restreint les risques de lésion sur les tissus mous.

Le générateur produit par intermittence des microvibrations ultrasonores de très faible amplitude, de l'ordre de 60 à 200 microns, qui correspondent au signal piézo modulé. Ce signal modulé en amplitude, mis en place automatiquement lors de la réalisation d'actes de chirurgie pré-implantaire, permet une relaxation tissulaire et une réparation cellulaire. Enfin, il assure une incision exempte de friction et de vibration. (51)

3.3. Hémostase

Grâce à son irrigation, le générateur d'ultrasons piézoélectrique a un effet hémostatique au niveau des surfaces de coupe. L'hémostase est due en partie à la libération d'un précipité protéique par la couche cellulaire en contact avec l'insert, et en partie à l'apparition d'oxygène naissant. Cet effet hémostatique permet ainsi d'obtenir une bonne visibilité du champ opératoire.

La cavitation se caractérise par l'apparition de micro-bulles lorsque le liquide entre en contact avec l'insert soumis aux vibrations ultrasonores. En effet, quand l'eau entre au contact des ultrasons, il y a formation de radicaux H et OH. En implosant, les bulles de cavitation libérées ont un effet décapant. Ce phénomène permet de bénéficier d'une visibilité optimale du champ opératoire, de limiter l'extravasation sanguine, de nettoyer les zones de travail des débris osseux et d'éviter toute élévation thermique susceptible d'entraîner une dégradation des tissus. La production de ces radicaux issus du phénomène de cavitation est, néanmoins, dépendante de la forme de l'insert ultrasonique et de la puissance du générateur. (34, 51)

3.4. Histologie

En 2001, Vercellotti et coll. étudient les caractéristiques cliniques, radiologiques et histologiques des tissus après une incision au bistouri ultrasonore. Cette étude est conduite à partir de la réalisation de trois chirurgies orthopédiques sur des chiens. (71)

Cette expérience leur permet de conclure sur l'efficacité de la chirurgie piézoélectrique par rapport à l'instrumentation conventionnelle. En effet, l'incision piézoélectrique est micrométrique et sélective, aucun dommage n'est constaté sur les tissus mous.

D'autre part, l'évaluation histologique macroscopique de tous les segments d'ostéotomie montre une parfaite intégrité de la surface de l'ostéotomie avec une coupe régulière, sans nécrose ni pigmentation.

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. (71)

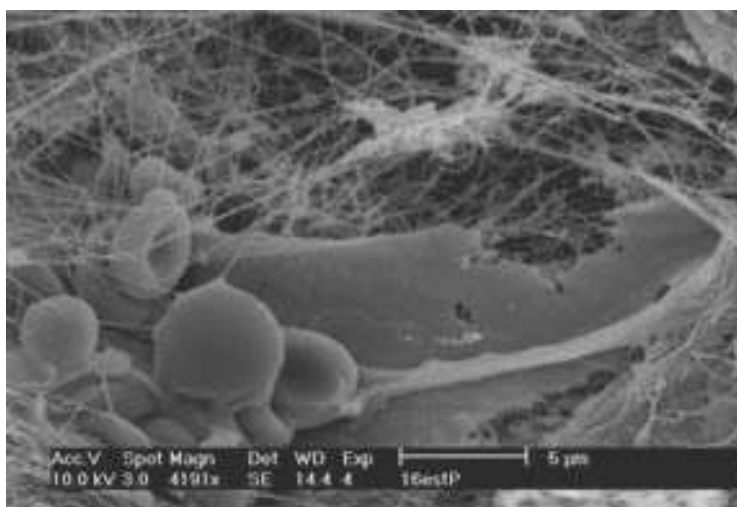


Figure 2 : Surface de coupe après ostéotomie par piézochirurgie, en microscopie électronique à balayage, grossissement 500X, mettant en évidence la présence d'ostéocytes en vie. (40)

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. (14)

Lors d'incision osseuse, il a été constaté histologiquement que le tissu découpé demeure vital. En effet, le couplage d'un insert efficace avec les justes fréquences permet de neutraliser l'effet thermique nécrosant. (35)

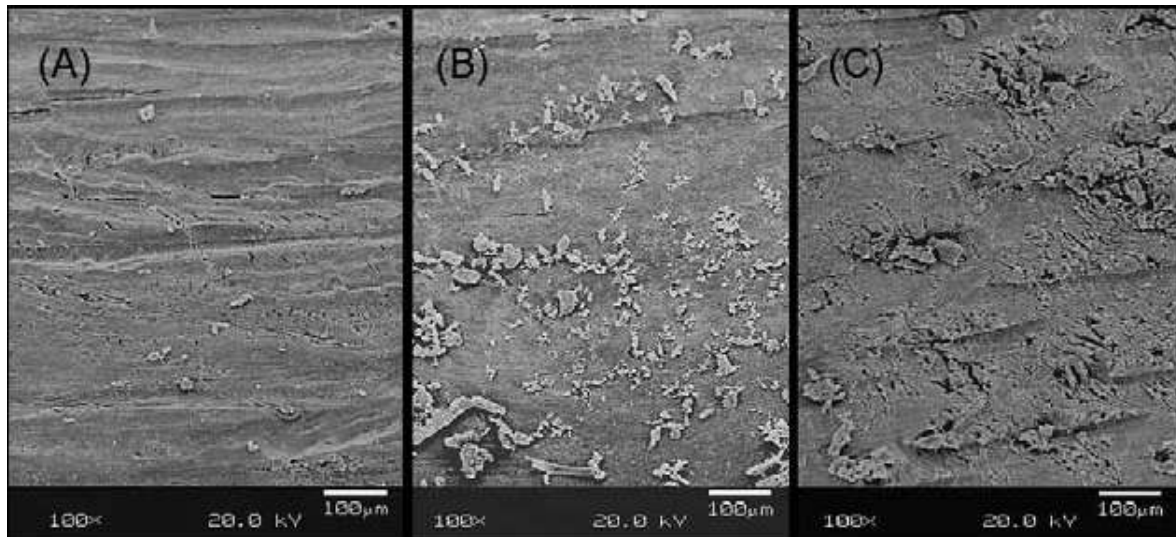
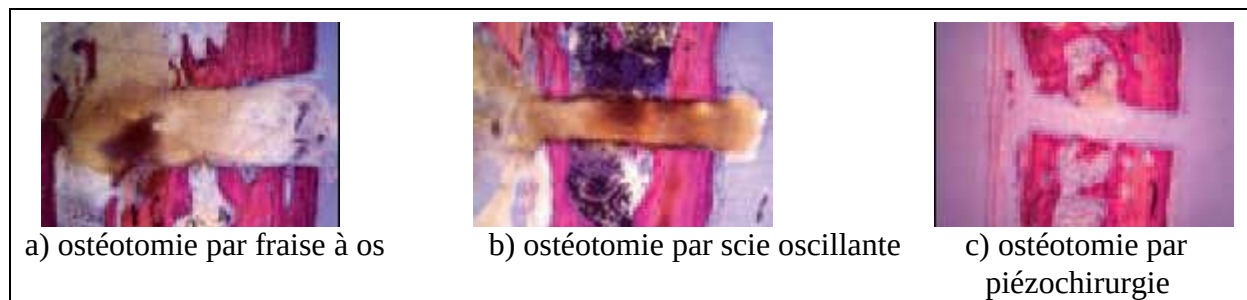


Figure 3 : surface de coupe après ostéotomie, en microscopie électronique à balayage, grossissement 100X : (A) piézochirurgie, (B) bistouri osseux de Lindemann, (C) scie oscillante. D'après Eggers. (14)

D'autres études comparatives ont également démontré l'avantage clinique et histologique de la piézochirurgie par rapport aux fraises et aux scies à os. (40)

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.



Figures 4 a, b et c : Comparaison de la surface osseuse des segments d'ostéotomie en fonction de l'instrumentation utilisée, en microscopie photonique. (40)

3.5. Evaluation radiologique

Lors de l'expérience de Vercellotti et coll., de 2001, citée précédemment, l'évaluation radiologique montre une parfaite linéarité et précision de l'ostéotomie après la chirurgie piézoélectrique. La piézochirurgie limite donc le traumatisme tissulaire et permet ainsi une cicatrisation excellente, sans complication et avec un retour complet des fonctions neurologiques et vasculaires. (71)

3.6. Cicatrisation osseuse

La fracture osseuse induit inévitablement un traumatisme qui déclenche une réponse cicatricielle. Dans les quatre premières heures suivant l'intervention, la réaction inflammatoire engendre une vasodilatation, un suintement de plasma et de leucocytes et une apparition de cellules inflammatoires, telles que les macrophages, contribuant à phagocyter les débris cellulaires et tissulaires. Simultanément, un caillot sanguin, contenant des plaquettes sanguines, se crée et des néovaisseaux sanguins se forment au niveau du site cicatriciel, c'est l'angiogenèse. Cette revascularisation permet la nutrition des cellules, nécessaire à leur développement et reproduction. Ainsi, plus le traumatisme mécanique sera faible, plus la circulation locale sera rétablie rapidement.

En 2005, Vercellotti et coll. comparent la cicatrisation osseuse après ostéotomie et ostéoplastie sur des chiens, réalisées soit à l'aide d'une instrumentation piézoélectrique soit à l'aide de fraises à os sur pièces à main. Il en ressort que la cicatrisation osseuse primaire est plus rapide après chirurgie piézoélectrique que par les instruments motorisés. D'autre part, Vercellotti et coll. observent que ce remodelage osseux se fait jusqu'au 56^{ème} jour après chirurgie piézoélectrique, alors que cette phase est terminée après chirurgie par l'instrumentation conventionnelle. (73)

L'utilisation des instruments piézoélectriques limite également le développement de traumatismes et permet une période post-opératoire exempte de complications. (51)

	Ostéotomie à la fraise.	Ostéotomie à la scie.	Ostéotomie au bistouri piézoélectrique.
Qualités requises du tissu osseux.	Efficace sur tous les types d'os.	Efficace sur presque tous les types d'os (à éviter d'utiliser sur des os peu minéralisés).	Efficace sur presque tous les types d'os (à éviter d'utiliser sur des os peu minéralisés).
Durée de l'acte.	Rapidité de l'acte.	Rapidité de l'acte.	Temps nécessaire plus important.
Efficacité de coupe.	Coupe dépendante de la force exercée par l'opérateur.	- Linéarité du trait de coupe. - Coupe dépendante de la force exercée par l'opérateur.	Coupe micrométrique et sélective.
Echauffement lié au fonctionnement de l'instrument.	Elévation de température liée à la vitesse de rotation et à la pression exercée par l'opérateur.	Elévation de température liée à la vitesse de rotation et à la pression exercée par l'opérateur.	-Système de refroidissement interne de la pièce à main. -Irrigation au sérum réfrigéré pour diminuer l'échauffement de l'insert et de la surface de coupe.

Précision de l'ostéotomie.	Baisse de la sensibilité et de la précision due aux macrovibrations.	- Baisse de la sensibilité et de la précision due aux macrovibrations. - Peu de contrôle de la profondeur de coupe.	- Les oscillations microabrasives des inserts donnent une information précise sur la dureté du tissu traversé. - L'effet hémostatique, lié à l'irrigation, permet d'avoir une bonne visibilité au niveau de la surface de coupe.
Effets sur les tissus mous.	Utilisation dangereuse à proximité des tissus mous. Le fort couple de l'instrument le rend dangereux à l'arrêt de part son inertie.	Utilisation dangereuse à proximité des tissus mous.	Sélectivité de coupe, permettant une action sur les tissus minéralisés sans dommages pour les tissus mous.
Surface de coupe.	La production de fortes températures des instruments rotatifs peut altérer le tissu osseux au niveau du trait de coupe.	La production de fortes températures des instruments rotatifs peut altérer le tissu osseux au niveau du trait de coupe.	Absence de signe de nécrose et présence d'ostéocytes en vie.
Cicatrisation osseuse.	Cicatrisation primaire, puis remodelage et réparation de l'os jusqu'au 28 jours post-opératoire.	Cicatrisation primaire, puis remodelage et réparation de l'os jusqu'au 28 jours post-opératoire.	Cicatrisation primaire plus rapide. Remodelage et réparation de l'os jusqu'au 56 jour post-opératoire.
Confort du patient.	La répercussion des macrovibrations, d'autant plus importante que la force exercée par l'opérateur est élevée, est particulièrement difficile pour le patient.	La répercussion des macrovibrations, d'autant plus importante que la force exercée par l'opérateur est élevée, est particulièrement difficile pour le patient.	Les microvibrations produisent moins de vibrations et moins de bruit, ce qui permet de diminuer le stress psychologique du patient.

Figure 5 : Tableau récapitulatif de la comparaison des qualités des différents instruments d'ostéotomie. (35, 48, 51, 53, 70, 71, 73)

4. Systèmes disponibles en piézochirurgie

4.1. Principes technologiques du bistouri ultrasonore

Le bistouri ultrasonore est un instrument capable de découper avec précision les tissus durs et de faciliter le clivage des interfaces solides. Pour cela, il utilise des microvibrations de moyenne fréquence générées par un transducteur piézoélectrique et appliquées à des inserts durcis au nitrure de titane et/ou diamantés. (35)

Les appareils piézoélectriques sont constitués :

- d'un générateur de moyenne fréquence contenant un circuit électronique de commande et un circuit de contrôle à ultrasons relié par un cordon à un transducteur (pièce à main),
- d'une pompe péristaltique permettant une irrigation du système (de 0 à 150 ml/min) engendrant un refroidissement des inserts et permettant un effet de cavitation,
- d'inserts dont la forme et l'utilisation varient en fonction de l'indication souhaitée,
- d'une clé dynamométrique pour visser ces inserts,
- d'une pédale de commande,
- d'une pièce à main contenant un empilement de pastilles céramique piézoélectriques qui génèrent les vibrations de moyenne fréquence.

Le bistouri ultrasonore se démarque des détartreurs conventionnels selon quatre paramètres : les fréquences du générateur, la masse, la dureté et la forme des inserts. (30) (35)

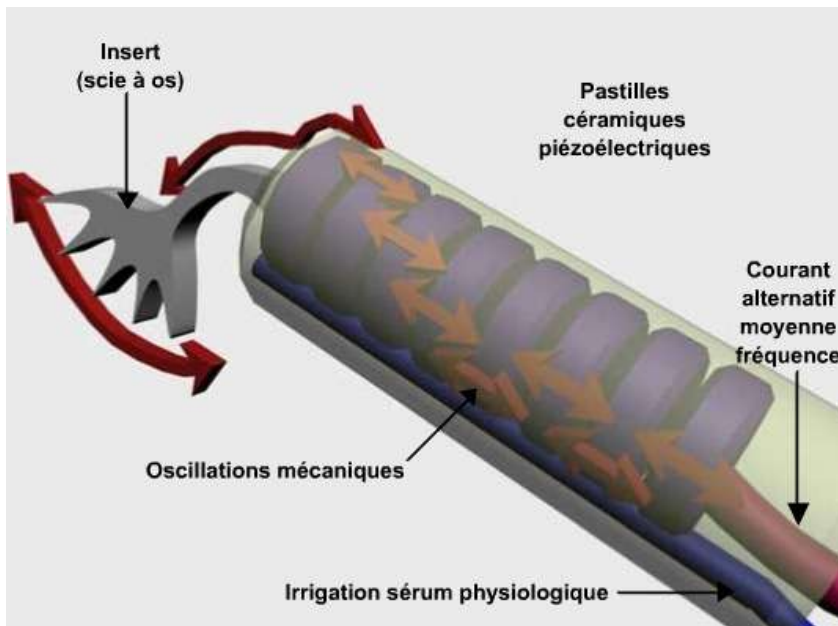


Figure 6 : Le bistouri ultrasonore. (35)

En fonction de la qualité de l'os et de la forme de l'insert, l'efficacité de coupe peut être régulée par le modulateur de fréquences. La puissance délivrée par l'instrument est comprise entre 2,8 et 16 W, et peut aisément être modulée au moyen d'un clavier, selon la qualité osseuse présente. Une puissance importante est nécessaire pour un os plus minéralisé. Le refroidissement de la pièce à main se fait par une irrigation au sérum physiologique directement intégrée au système. (29)

Après une utilisation prolongée de la pièce à main piézochirurgicale, une pause est conseillée avant de reprendre, afin de permettre le refroidissement de l'insert et de la pièce à main. (14)

En chirurgie pré-implantaire et implantaire, différents paramètres sont à prendre en compte avant l'utilisation des appareils piézoélectriques :

- le choix des inserts dépend du type d'intervention et de la qualité de l'os,
- la fréquence de vibration qui sera utilisée résulte du type d'os, de la pression appliquée sur l'insert et de la vitesse du mouvement effectué par l'opérateur.

Ainsi, l'utilisation de la piézochirurgie impose l'adaptation à de nouveaux protocoles opératoires, qui restent simples au regard des résultats obtenus. (30)

La liste des systèmes de chirurgie piézoélectrique qui seront décrits n'est pas exhaustive.

4.2. Piezosurgery® de Mectron®

Le système Piezosurgery® fut le premier bistouri ultrasonore commercialisé. Grâce au contrôle dans les trois dimensions de l'espace des vibrations ultrasoniques, il a ouvert une nouvelle ère à l'ostéotomie et à l'ostéoplastie en implantologie, en parodontologie, en endodontie et en chirurgie orthognatique.

L'écran de contrôle de l'unit Piezosurgery® permet de choisir l'un des deux programmes de base.

Le programme « bone » permet la réalisation d'actes de chirurgie osseuse, et ceci après avoir sélectionné la qualité osseuse parmi quatre types d'os proposés.

Le programme « root » est sélectionné à la fois pour la réalisation d'actes de parodontologie et d'actes d'endodontie. (40)



Figure 7 : Le générateur Piezosurgery® (40)

Les inserts sont classés en trois groupes de formes différentes :

1 / Le groupe des inserts tranchants est adapté au traitement des structures osseuses. Ces inserts sont utilisés pour les ostéotomies et les ostéoplasties. Leur couleur dorée est liée à la présence de nitrure de titane.



Figure 8 : Inserts tranchants. (40)

2 / Le groupe des inserts à pointe émoussée et de surface diamantée, permet un travail en précision des structures osseuses. Ces inserts sont utilisés pour la réalisation d'ostéotomie à proximité de structures délicates, telles que le sinus ou le nerf alvéolaire inférieur. Ces inserts sont également utilisés pour l'ostéoplastie finale des structures osseuses. Leur couleur dorée est liée à la présence de nitrure de titane.



Figure 9 : Inserts à pointe mousse. (40)

3 / Le groupe des inserts plats émoussés est utilisé pour travailler les tissus mous, pour surélever la membrane de Schneider par exemple. Ces inserts sont en étain.



Figure 10 : Inserts plats émoussés. (40)

Différents kit d'inserts sont proposés, comme le kit « Basic » et le kit « sinus lift ». (40)

4.3. Piezotome® de SATELEC ®

4.3.1. Applications cliniques du Piezotome®

Développé au sein du Département de Recherches et Développement de SATELEC®, le Piezotome® est un appareil de chirurgie dentaire générateur d'ultrasons conçu pour des interventions délicates comme les ostéotomies, les ostéoplasties, les expansions de crêtes, ou les élévations de sinus. (51)



Figure 11 : Le générateur Piezotome®. (51)

4.3.2. Systèmes de contrôle des instruments :

Trois systèmes de contrôle forment le « Cruise Control System TM », 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). (51)

4.3.3. Performances

4.3.3.1. Mode modulation Piezotome®

Le signal piezo modulé traduit le fonctionnement en alternance d'amplitudes hautes et basses du Piezotome®. Ce mode de fonctionnement permet une relaxation tissulaire afin d'obtenir une coupe nette.

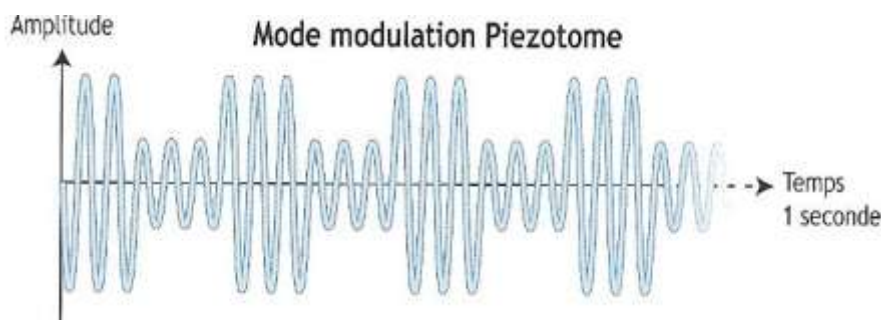


Figure 12 : Mode modulation Piezotome®. (51)

4.3.3.2. Pièce à main piézoélectrique boostée



Figure 13 : Pièce à main Piezotome®. (51)

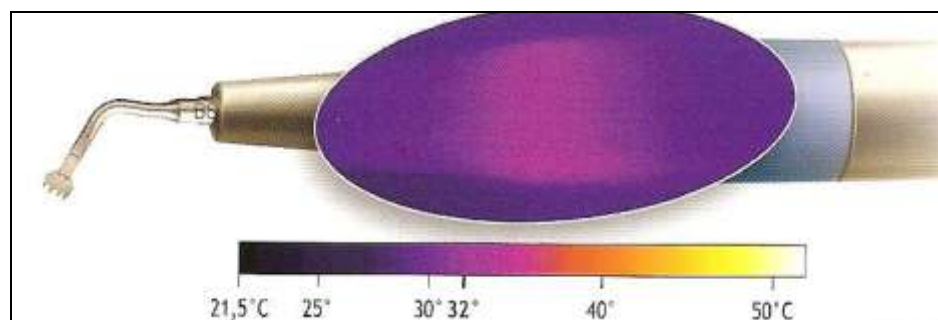


Figure 14 : Température de la pièce à main mesurée à 32°C après 15 mn de fonctionnement à pleine puissance. Mesure par caméra infrarouge Thermacam-PM 595. (51)

Au cours de longues interventions, la pièce à main Piezotome® ne présente aucun échauffement, ce qui diminue en partie le risque de nécrose. Une évaluation de l'échauffement de l'insert aurait permis d'approfondir ces conclusions. (51)

4.3.4. Instruments d'ostéotomie

Le kit Bone Surgery™ composé de six inserts ultrasonores, principalement destiné à la réalisation de greffe osseuse, permet de découper, d'exciser et de remodeler les structures osseuses sans risque de lésion des tissus mous.

1 / L'insert BS1 :

L'insert BS1 est une scie ultra-coupante dotée de cinq dents spécifiquement affûtées, destinée à la découpe en profondeur d'os cortical.

L'insert BS1 présente un marquage laser à 3, 6 et 9 mm de son extrémité, ce qui facilite l'évaluation de la dimension du défaut osseux et le contrôle de la profondeur de coupe.

Cette scie à os est utilisée lors des prélèvements mentonniers et ramiques. Sa découpe en profondeur permet d'accélérer la prise de greffon. Le mouvement de coupe doit être vertical puis linéaire, joignant les puits créés par le mouvement initial.



Figure 15 : Insert BS1 (51)

2 / L'insert BS2L :

L'insert BS2L est une scie à os latérale à cinq dents, orientée à gauche, pour la découpe d'os cortical ramique.

Cet insert est indiqué lors de la découpe d'os cortical ramique. Orienté à gauche, il produit des traits d'ostéotomie verticaux et horizontaux sur la mandibule droite du patient.



Figure 16 : Insert BS2L (51)

3 / L'insert BS2R :

L'insert BS2R est l'homologue de l'insert BS2L, mais orienté à droite. Il permet l'ostéotomie sur la mandibule gauche du patient.



Figure 17 : Insert BS2R. (51)

4 / L'insert BS4 :

L'insert BS4 est un scalpel circulaire orienté à 120°, pour la réalisation d'ostéoplasties et de prélèvements de particules ou copeaux d'os.

Lors d'une greffe osseuse, cet insert façonne le site receveur afin d'assurer la stabilité du greffon pour faciliter son intégration.

Utilisé lors d'une élévation de sinus, il permet de prélever des copeaux sur le volet osseux vestibulaire. L'os autogène est aspiré puis récupéré dans un filtre à os pour être intégré au matériau de comblement.

En présence de kyste, le BS4 permet de cliver le follicule kystique.



Figure 18 : Insert BS4. (51)

5 / L'insert BS5 :

L'insert BS5 est un scalpel plat, conçu pour la réalisation d'ostéotomies fines.

La finesse de cet insert permet la réalisation d'expansion de crête, de trait d'ostéotomie, de distraction alvéolaire, et l'ostéotomie du volet vestibulaire en présence d'une corticale épaisse dans la chirurgie du sinus.



Figure 19 : Insert BS5. (51)

6 / L'insert BS6 :

L'insert BS6 est un scalpel incurvé utilisé lors d'ostéoplastie. Cet insert nettoie le site receveur, lisse les défauts de surface et élimine le périoste adhérent afin d'adapter le site receveur au greffon. Il peut servir à remodeler le greffon afin d'éliminer toute zone anguleuse ou agressive et à dissocier la corticale du greffon des tissus médullaires sous-jacents lors de la prise du greffon. Enfin, il nivelle les abords de la crête lors des expansions de crête. (51)



Figure 20 : Insert BS6. (51)

4.3.5. Instruments d'élévation de sinus

Le kit Sinus Lift™ est composé de cinq inserts ultrasonores conçus pour l'élévation de sinus.

1 / L'insert SL1 :

L'insert SL1 est un insert diamanté à 90 µm destiné à la découpe du volet vestibulaire osseux et à l'atténuation des angles vifs.

Cet insert réalise des incisions moins agressives que les scies, et permet de préserver les structures anatomiques voisines. Pendant son utilisation, le praticien doit réaliser un balayage longitudinal constant de la surface à inciser. Le SL1 remodèle les zones osseuses sécantes susceptibles d'endommager la membrane de Schneider ou les tissus enveloppant le greffon.



Figure 21 : Insert SL1. (51)

2 / L'insert SL2 :

L'insert SL2 est un insert boule diamanté à 90 µm destiné au lissage des bords du volet vestibulaire osseux (os très mince) et à l'ostéoplastie. Le SL2 remodèle les zones osseuses sécantes susceptibles d'endommager la membrane de Schneider ou les tissus enveloppant le greffon.



Figure 22 : Insert SL2. (51)

3 / L'insert SL3 :

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.



Figure 23 : Insert SL3. (51)

4 / L'insert SL4 :

L'insert SL4 est une spatule non coupante, orientée à 90°, 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. Le décollement est réalisé au niveau apical, mésial puis distal.



Figure 24 : Insert SL4. (51)

5 / L'insert SL5 :

L'insert SL5 est une spatule non coupante identique à l'insert SL4 mais orientée à 120°. (51)



Figure 25 : Insert SL5. (51)

4.3.6. Instruments de syndesmotomie

L'insert LC1 est un scalpel conçu pour la réalisation de syndesmotomies et d'ostéotomies périradiculaires.

Cet insert permet de pénétrer dans l'espace parodontal entre la racine et l'os alvéolaire. Le praticien doit réaliser des mouvements de balayage. Les micro-oscillations ultrasonores entraînent la résection de la paroi osseuse alvéolaire. L'insert dessine de fines tranchées afin de faciliter l'avulsion de la dent, notamment pour l'extraction des dents incluses. (51)



Figure 26 : Insert LC1. (51)

4.3.7. **Maintenance**

4.3.7.1. **Décontamination et reconditionnement**

Après l'intervention, il est important de suivre la procédure de décontamination et de reconditionnement de l'appareil ainsi que des accessoires.

La ligne d'irrigation doit être purgée à l'eau distillée après chaque intervention afin d'éliminer les restes de sérum physiologique.

Les accessoires tels que le support d'inserts, les inserts, la clé, doivent être désinfectés, décontaminés et stérilisés.

La boîte de stérilisation peut suivre un processus de nettoyage physique (brossage) et chimique (détergent). De plus, les cassettes et plateaux peuvent être placés dans un équipement de nettoyage mécanique.

L'ensemble de la pièce à main et le cordon est autoclavable.(51)

4.3.7.2. **Instruments et accessoires**

L'usure des inserts doit être régulièrement vérifiée par les utilisateurs. Un insert dont la partie active est émoussée doit être changé. Les inserts diamantés doivent quant à eux être renouvelés lorsque la partie diamantée active devient lisse et brillante.

Avant chaque intervention, il est recommandé de vérifier l'intégrité du cordon de la pièce à main. Dévisser l'extrémité de la pièce à main permet d'accéder au joint d'étanchéité ainsi qu'au filetage et donc de vérifier l'état d'usure. (51)

4.3.7.3. Générateur

Avant chaque intervention, il est nécessaire de vérifier l'intégrité des cordons secteur, de la pédale et de la pièce à main. L'ensemble du générateur et tout particulièrement le tableau de commande élaboré en matériau plastique anti-bactérien peut être nettoyé à la lingette désinfectante. Il est toutefois important d'éponger tous les liquides ayant pu pénétrés dans les interstices durant la procédure de décontamination. (51)

4.4. Surgysonic® de AMTECH®

4.4.1. Le générateur

Le Surgysonic® (Esacrom, Imola, Italie) présente l'avantage de pouvoir être programmé avant l'intervention ou d'être réglé manuellement pendant l'intervention.



Figure 27 : Le système Surgysonic®. (2)

Les inserts de chirurgie buccale du Surgysonic®, dont la forme et l'utilisation varient en fonction de l'indication souhaitée, sont classés en deux catégories.

La première catégorie est celle des inserts tranchants à action coupante, réalisés en acier inoxydable 420B. Ces inserts subissent plusieurs traitements dont un traitement thermique, un traitement électrolytique anticorrosif, un affilage et sont trempés dans un bain de nitrure de titane qui améliore leur dureté. Cette catégorie d'inserts est indiquée dans les cas d'ostéotomies et de syndesmotomies.

La seconde catégorie d'inserts est celle des inserts tranchants à action coupante et polissante. Ces inserts subissent un traitement supplémentaire les recouvrant de particules de diamants. Ils sont utilisés pour les ostéotomies et pour les ostéoplasties. (2)

4.4.2. Les différents inserts



Figure 28 : Les inserts Surgysonic®. (2)

L'insert ES001 a la forme d'un scalpel trapézoïdal affûté, il convient pour le remodelage osseux et le prélèvement.

L'insert ES002 a la forme d'un scalpel plat diamanté. Il convient pour les ostéotomies sur des structures délicates et la chirurgie du maxillaire.

L'insert ES003 a la forme d'un scalpel arrondi et affûté sur tout le périmètre. Il convient pour le remodelage osseux et le prélèvement.

L'insert ES003A a une forme circulaire, coudé à 90°, non tranchant. Il convient pour le décollement de la membrane sinusienne.

L'insert ES003B a une forme circulaire, coudé à 120°, non tranchant. Il convient pour le décollement de la membrane sinusienne.

L'insert ES004 a une forme conique, de surface plate, non tranchante. Il convient pour la séparation de la membrane sinusienne.

L'insert ES005 a la forme d'un scalpel plat et affûté. Il convient pour les ostéotomies sur des structures anatomiques délicates.

L'insert ES006 a la forme d'un scalpel plat, triangulaire et affûté. Il convient pour les ostéotomies sur des structures anatomiques délicates.

L'insert ES007 a une forme en dents de scie à cinq dents. Il convient pour les ostéotomies.

L'insert ES008 a une forme d'olive, de diamètre 2,3 mm, diamanté, de grain moyen.

L'insert ES010 a la forme d'un petit scalpel, de largeur 7 mm, arrondi et affûté sur tout le périmètre. Il convient pour le remodelage osseux et les prélèvements osseux. (2)

4.5. Piezon Master Surgery® de EMS®

4.5.1. Le générateur

L'écran photo-électrique permet de simplifier la programmation. La LED suit les mouvements du doigt automatiquement en émettant un faible signal sonore, tout en portant des gants chirurgicaux, et même si un film de protection est disposé sur l'appareil.

Le Piezon Master Surgery® est composé d'une pièce à main, d'un support de poche ergonomique, d'une pompe péristaltique à haut débit, de lignes stériles à raccorder sur la pièce à main, d'un support de pièce à main stérile magnétique amovible, d'un combitorque®

pour la mise en place de l'insert stérile sur la pièce à main, et d'une pédale ergonomique utilisable dans chaque position (360° degrés). (15)



Figure 29 : Le système Piezon Master Surgery®. (15)

4.5.2. Les inserts

Le « Basic-system » est composé de cinq inserts pour les préparations implantaires.

1 / L'insert SC :

L'insert SC permet de dissocier le processus alvéolaire. L'os maxillaire ou mandibulaire peut être séparé de manière atraumatique et être agrandi avant l'instrument conique. Cet insert permet une réduction significative du risque de fractures même sur des os très minéralisés.



Figure 30 : Insert SC. (15)

2 / L'insert SL1 :

L'insert SL1 permet la préparation d'un accès latéral sur des parois osseuses épaisses, et est également utile pour les ostéotomies même avec une préparation d'accès limitée.



Figure 31 : Insert SL1. (15)

3 / L'insert SL2 :

L'insert SL2 permet la préparation de l'accès à la membrane de Schneider sur des parois osseuses fines. Cet insert peut également être utilisé pour réaliser des coupes horizontales difficiles.



Figure 32 : Insert SL2. (15)

4 / L'insert SL3 :

L'insert SL3 permet le décollement de la membrane de Schneider grâce à sa forme de disque. Les vibrations de l'insert permettent le décollement de la membrane de façon circulaire autour de la fenêtre, sans risque de perforation entre la membrane et la paroi osseuse.



Figure 33 : Insert SL3. (15)

5 / L'insert SL4 :

L'insert SL4 permet le prélèvement de quantités importantes d'os avec des copeaux de taille adaptée de 500 μ m. En faisant des mouvements de va-et-vient, l'os s'accumule dans la partie concave de l'instrument.



Figure 34 : Insert SL4. (15)

En plus du kit de base « Basic System », trois autres kits sont en option :

- Le système d'extraction est composé de trois inserts d'extraction dentaire, un coudé à gauche, un coudé à droite et un droit.
- Le retro system est composé de trois inserts pour un traitement endodontique rétrograde, et d'un insert SL4 pour un curetage osseux périapical, même sur tissus enflammés.
- Le bone system est composé de quatre inserts. Trois scies à os, une coudée à gauche, une coudée à droite et une droite ; et un instrument de coupe osseuse, cylindro-conique. (15)

5. Indications générales de la chirurgie piézoélectrique

5.1. Applications cliniques en odonto-stomtologie

5.1.1 Chirurgie exodontique

La piézochirurgie peut être utile pour la réalisation d'avulsions dentaires atraumatiques, par l'insertion de l'insert dans l'espace parodontal entre la racine et l'os. (32)

Les vibrations ultrasonores favorisent la rupture des interfaces solides permettant un clivage peu traumatique. Le bistouri ultrasonore permet donc d'extraire plus facilement certaines dents ankylosées et de limiter le risque de fracture de l'alvéole. (35)

L'instrumentation piézochirurgicale est notamment utile lors de l'avulsion de dents dont les racines sont en étroit rapport avec le nerf alvéolaire inférieur, et qu'il existe un risque de lésion du nerf par les méthodes habituelles d'avulsion. Une incision vestibulaire suivie d'une légère ostéotomie peuvent également être réalisées afin de mieux visualiser les limites des racines. (61)

Ainsi, le bistouri ultrasonore trouve ses applications cliniques pour les extractions des dents permanentes ou lactéales, des dents de sagesse incluses, enclavées ou à l'état de germe, des dents incluses ou enclavées, de canines incluses, d'odontoïdes ou de dents surnuméraires incluses ou enclavées, ou d'une dent en désinclusion dont la couronne est sous muqueuse. (29)

5.1.2 Chirurgie endodontique

Certains inserts, comme les inserts de détartrage durcis au nitrure de titane et les inserts en forme de spatule, peuvent être d'une grande aide lors du curetage de kystes et du nettoyage périapical en cours de chirurgie endodontique. (35)

5.1.3 Chirurgie parodontale

La large variété d'inserts compatibles avec la pièce à main piézochirurgicale permet, par des réglages de fréquence, l'utilisation du bistouri ultrasonore pour le débridement des poches et le surfaçage radiculaire, ainsi que l'aménagement parodontal par ostéoplastie. Les inserts diamantés de forme tronconique permettent de redessiner avec précision et en toute sécurité le tracé des festons osseux parodontaux. (9, 35)

5.1.4 Chirurgie implantaire et pré-implantaire

En chirurgie pré-implantaire et implantaire, le bistouri piézoélectrique trouve son indication dans:

- les expansions de crête osseuse
- les ostéotomies du bord antérieur du sinus lors de comblement de sinus
- les prélèvements de greffon d'origine ramique, symphysaire ou tubérositaire
- les prélèvements particuliers, en copeaux ou en bloc d'os cortical
- les ostéotomies lors de latéralisation du nerf alvéolaire inférieur
- le décollement de la muqueuse sinusienne lors d'un comblement de sinus
- la dépose d'implants endo-osseux
- l'extraction atraumatique de dents dans les techniques d'implantation immédiate
- la préparation du site receveur dans les greffes d'apposition
- la préparation des sites pour l'ostéodistraktion
- la mise en forme et l'ébarbage des greffons lors d'ostéosynthèse
- la pose d'implants juxta-canaux. (30)

La liste ci-dessus n'est pas exhaustive, et les indications citées seront reprises en détail dans les chapitres qui suivent.

5.1.5 Autres applications en odontologie

L'utilisation de la piézochirurgie peut s'étendre à d'autres interventions de la cavité buccale, par exemple à l'exérèse de kyste.

L'exérèse de kyste, au niveau buccale, peut se faire sous anesthésie locale ; la préparation de l'os par piézochirurgie permet de cliver le kyste, et la sélectivité de l'effet de coupe limite le risque de perforation de la membrane kystique. (61)

5.2. Applications cliniques en médecine

5.2.1. Application à la chirurgie orthopédique

En 2001, Vercellotti et coll. ont proposé d'évaluer les résultats cliniques et histologiques d'un nouvel instrument piézo-électrique dans la chirurgie orthopédique. L'étude de trois chirurgies orthopédiques exécutées sur des chiens affectés de pathologies différentes en utilisant la piézochirurgie montre une limitation du traumatisme de l'ostéotomie par rapport aux techniques conventionnelles. D'autre part, ces trois chirurgies ont été suivies par une excellente période post-opératoire avec une absence de complication et un rétablissement rapide des fonctions. Le nombre de cas étudiés est certes faible, mais les résultats sont prometteurs. (71)

En 2005, Hoigne et coll. ont employé la piézochirurgie pour la réalisation d'une chirurgie de la main. Le cas qui a été étudié sur un an est une correction de fracture du cinquième os métacarpien. La coupe étant très précise, l'instrumentation piézoélectrique est particulièrement adaptée à la chirurgie de la main. Aucune vibration ne vient perturber le déroulement de l'opération, contrairement à ce qui se produit lors de l'utilisation conventionnelle de scies. La cicatrisation a été plus rapide qu'avec l'instrumentation habituelle. Le patient a récupéré l'usage de sa main, sans perte de la sensibilité. (22)

5.2.2. Application à la chirurgie cranio-faciale

En 2004, Eggers et coll. ont étudié l'utilisation de la piézochirurgie en chirurgie cranio-faciale pour les opérations d'avancement fronto-orbitaire chez l'enfant. La vitesse de coupe est fonction de l'épaisseur de l'os. Quand l'épaisseur est supérieure à 3 mm, la coupe se fait à vitesse lente mais précise, et sans déchirure de la dure mère. Cette technique s'avère particulièrement utile dans ce cas. La sélectivité de l'effet de coupe permet de préserver l'os cortical avoisinant. L'os peut être mis en forme de façon à recevoir l'apport de matériel ostéosynthétique sans se fracturer. Le nombre de fragments et la quantité de matériel ostéosynthétique sont diminués, ce qui permet un gain en terme de temps et de coût. (14)

En 2005, Schaller et coll. ont utilisé le bistouri ultrasonore en neurochirurgie chez l'enfant. Les interventions réalisées sont les suivantes : 2 craniotomies, 2 opérations de la queue de cheval, et 1 ostéotomie de l'orbite. L'ensemble des mesures post-opératoires montre un retour à la normale des fonctions neurosensorielles et l'absence de lésion des tissus mous avoisinants la région opérée. De plus, l'étude des scanners montre une bonne cicatrisation osseuse. Il en résulte, qu'en dehors de la différence d'épaisseur osseuse avec l'adulte, l'utilisation de la piézochirurgie en neurochirurgie n'est pas limitée aux interventions chez l'enfant et peut être étendue à la chirurgie chez l'adulte. (52)

En 2006, Kotrikova et coll., utilisent également la piézochirurgie pour les interventions au niveau du neurocrâne. L'application de la piézochirurgie à la chirurgie neuro-crâniale permet une diminution du risque de lésions, simplifie la technique et évite la perte de substances. De plus, l'absence d'effet sur les tissus mous assure le respect de la dure-mère, même en cas de contact accidentel. (31)

5.2.3. Application à la chirurgie orthognatique

En 2004, Ueki et coll., ont proposé l'utilisation de curettes à os ultrasoniques en chirurgie maxillo-faciale, pour réaliser des ostéotomies de Le Fort I. Le but de l'étude est d'évaluer l'efficacité des curettes à os ultrasoniques lors de la mobilisation du processus ptérygoïdien ; l'utilisation conventionnelle d'ostéotomes entraînant trop de risques de complications. Il en résulte que l'utilisation des curettes osseuses ultrasoniques apporte une

sécurité de coupe inégalée et permet une visibilité supérieure du champ opératoire grâce à l'irrigation de la pièce à main. D'autre part, le retour de la fonction masticatoire et de l'esthétique sont rapides et complets. (67)

D'autres études d'ostéotomie de Le Fort I ont été menées, notamment par Robiony M. et coll., en 2004 et en 2006, et par Guo en 2007. Ces études aboutissent aux mêmes résultats que le cas présenté. (1, 48, 49)

En 2004, Gruber et coll. ont étudié l'utilisation de la piézochirurgie en chirurgie maxillo-faciale, pour la correction de six cas de malocclusion de classe II et un cas de classe III. Il apparaît que ces ostéotomies par piézochirurgie ont été faciles à réaliser. Les microvibrations ont permis d'avoir une grande précision de coupe, sans avoir à appliquer de pressions importantes sur la pièce à main.

Ces premiers résultats permettent de préciser la possibilité d'utilisation du bistouri électrique en chirurgie orthognatique, grâce à la garantie de la sélectivité de coupe et de la précision du geste. (21)

En 2005, Stübinger et coll. ont suggéré l'utilisation de la piézochirurgie en chirurgie maxillo-faciale, dans le cas d'une thérapeutique de correction d'une infracclusion unilatérale mandibulaire. La proximité du nerf alvéolaire inférieur ne permettait pas l'utilisation habituelle de la technique de distraction alvéolaire et comblement osseux. L'ostéotomie est réalisée par une technique de piézochirurgie, et sans lésion du paquet vasculo-nerveux alvéolaire à l'issue de l'opération. (61)

En 2006 et en 2007, Beziat et coll. ont également utilisé le bistouri ultrasonore en chirurgie cranio-faciale et orthognatique. Le but de leurs études était d'évaluer l'effet des ultrasons dans la réalisation d'ostéotomies, et d'en mesurer les conséquences sur les tissus mous avoisinants comme la dure-mère, la muqueuse palatine et le nerf alvéolaire inférieur.

En 2006, les interventions réalisées par chirurgie piézoélectrique étaient les suivantes : des déplacements des planchers orbitaires dans 30 cas de craniofaciosténose, des ostéotomies de Le Fort III dans 2 cas de syndrome de Crouzon, des coupes d'os pariétal et d'os frontal dans 30 cas de craniofaciosténose.

Les interventions réalisées au bistouri ultrasonore en 2007 sont les suivantes : 144 ostéotomies de Le Fort I, 144 expansions de palais après chirurgie de Le Fort I, 140 séparations de mandibule lors d'ostéotomies sagittales bilatérales, 25 déplacements de

plancher orbitaire, 15 déplacements fronto-orbitaires, 2 ostéotomies de Le Fort III, 12 prélèvements d'os cortical de la calvaria.

Différents types de données ont été relevés et comparés aux résultats observés avec les techniques conventionnelles. Il en résulte que, le temps opératoire nécessaire est supérieur à celui nécessaire avec les scies oscillantes, mais aucune comparaison ne peut être faite quant à l'absence de lésion observée sur les tissus mous et à la précision de coupe obtenue par piézochirurgie.

La piézochirurgie a permis, des découpes osseuses extrêmement précises et complètes supprimant la nécessité de terminer les sections osseuses à l'ostéotome.

A la vue des résultats obtenus, il se révèle important de définir des limites d'indications de la piézochirurgie. En effet, si le bistouri ultrasonore semble très prometteur pour les chirurgies cranio-faciales, il n'en va pas de même pour les craniotomies où les résultats obtenus ne présentent pas de réel avantage par rapport à l'instrumentation conventionnelle. (6, 7, 20)

Outre les avantages en terme de sécurité de la technique par l'absence d'effet sur les tissus mous, la piézochirurgie permet de diminuer le nombre d'étapes opératoires dans la chirurgie de la base du crâne et d'obtenir de bons résultats pour l'ensemble des patients.

5.2.4. Application aux chirurgies Oto-Rhino-Laryngologiques

En 2007, Salami et coll. ont proposé d'appliquer la piézochirurgie aux chirurgies ORL. Des inserts appropriés ont été créés pour réaliser des platinotomies, des antroatticotomies, des mastoïdectomies, et des ostéotomies endoauriculaires. L'étude a reposé sur l'évaluation de la fiabilité, de la précision, de l'absence de lésion des tissus mous avoisinants, et de la rapidité de la technique piézochirurgicale. De l'ensemble des cas étudiés il ressort que la piézochirurgie permet la réalisation d'un acte opératoire rapide, simple et précis, avec une sécurité de coupe, en particulier à proximité de sites anatomiques difficiles. La visibilité peropératoire, exempte de sang, permet d'effectuer l'intervention sans interruption et en assurant l'absence de lésion des tissus adjacents. (50)

En 2007, Robiony et coll. proposent l'utilisation de la piézochirurgie pour la réalisation de rhinoplastie. Le but de cette étude est de proposer l'utilisation de la piézochirurgie,

technique plus délicate et plus précise, en tant qu'alternative aux instruments standards. Les avantages principaux retenus de la piézochirurgie en rhinoplastie sont la sélectivité de coupe, l'habilité et la précision du geste de coupe. Par ailleurs, les résultats esthétiques sont favorables, avec de minimes séquelles post-opératoires, telles que des oedèmes modérés qui disparaissent en quelques jours. (47)

5.2.5. Autres applications en médecine

En 2006, Sun et coll. ont suggéré l'utilisation d'aiguilles ultrasoniques pour la réalisation de microdissections sous microscope ; le principe de coupe étant le même que celui de la chirurgie piézoélectrique. L'utilisation des ultrasons a permis la réalisation de coupes tissulaires dont l'épaisseur varie de 5 μm à 40 μm . Le trait de coupe obtenu est lisse, net et le prélèvement tissulaire est aisé. L'utilisation des ultrasons dans ce cas est donc tout à fait appropriée. Une simple variation de fréquence, d'amplitude ou d'angulation de l'insert fait varier l'efficacité du trait de coupe, il est donc important de prendre les bons repères dès le départ. (63)

De nouvelles indications de la piézochirurgie sont couramment recherchées à travers différentes études.

5.3. Contre-indications

Pour le bon déroulement de l'intervention, il est important de vérifier l'état général du patient. Les contre-indications sont les mêmes que pour toute intervention chirurgicale.

Toutefois, l'utilisation d'appareils à ultrasons est contre-indiquée pour les porteurs d'implants actifs (praticien et patient) comme les stimulateurs cardiaques. De plus, certaines maladies comme les cardiopathies, le diabète, les radiothérapies et les maladies osseuses peuvent être un frein quant à la pose d'un implant. La vérification de la structure osseuse et le

bilan circulatoire du patient sont des éléments primordiaux pour s'assurer d'une bonne intégration et cicatrisation. (51)

Enfin, la chirurgie piézoélectrique est actuellement contre-indiquée sur les os peu minéralisés, de type IV selon la classification de Lekholm et Zarb, rendant l'action de coupe inefficace. (30)

III – Chirurgie osseuse pré-implantaire

1. Bilan médical pré-implantaire

Un bilan général de l'état du patient doit être réalisé au cours de la première consultation afin de cerner ses antécédents médicaux, ses besoins physiques et psychologiques. (51)

Il est également important d'informer le patient en détail de l'intervention et de ses suites. C'est à dire des contraintes et des risques chirurgicaux, de l'éventualité d'une greffe osseuse et/ou d'une chirurgie mucogingivale complémentaire. (65)

Avant d'entreprendre toute opération, certains examens complémentaires, tels que des examens radiologiques sont recommandés. Le cliché panoramique ne donne qu'une notion partielle des volumes osseux maxillaires, mais permet toutefois d'évaluer certains risques anatomiques. Le scanner permet d'explorer de façon plus complète la région buccale avant ces interventions.

2. Rappels d'anatomie buccale

2.1. Spécificités du maxillaire

Les os maxillaires droit et gauche forment l'essentiel du massif facial supérieur. L'os maxillaire est certes le plus volumineux, mais proportionnellement il est le plus léger, car il est creusé d'une cavité pneumatique importante, le sinus maxillaire.

L'os maxillaire est un os d'origine membraneuse, appartenant au viscérocrâne.

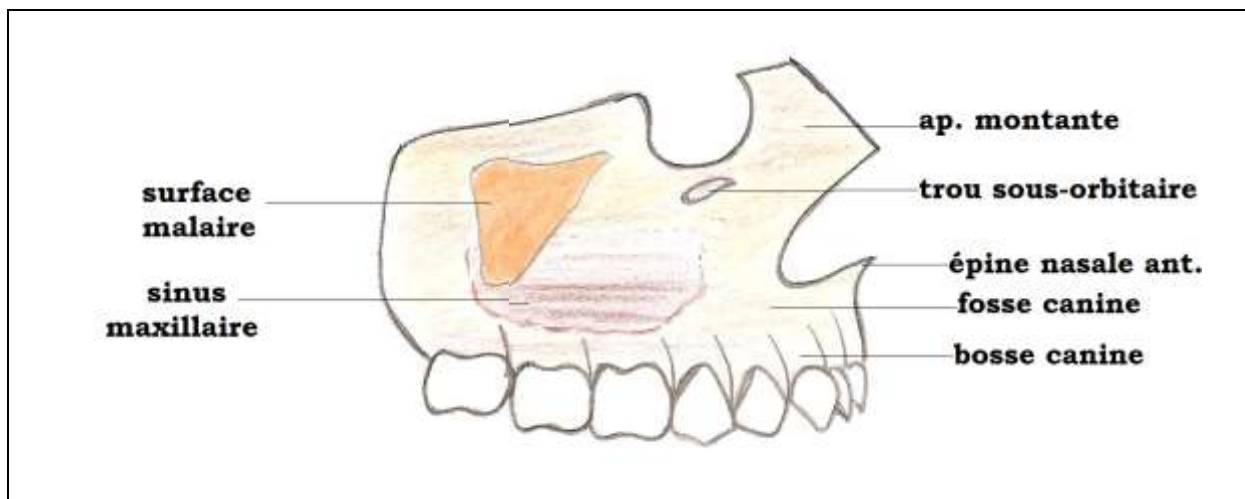


Figure 35 : Face latérojugale du maxillaire. D'après Dav Arpanah et Martinez. (13)

La région ptérygo-maxillaire, située en arrière des arcades dentaires maxillaires, est une zone complexe. Elle est constituée de l'os maxillaire, de l'os palatin et de l'os sphénoïde. Le risque chirurgical est essentiellement vasculaire au niveau du canal grand palatin.

La région prémolo-molaire se situe entre la tubérosité du maxillaire et la canine. Elle est limitée en haut par le sinus maxillaire et en bas par les rebords alvéolaires. Le sinus maxillaire conditionne donc le volume osseux résiduel exploitable pour le positionnement des implants. Si l'os alvéolaire résiduel n'est pas suffisant, il est nécessaire de trouver de nouveaux points d'ancrage. La tubérosité maxillaire est constituée d'os spongieux et de faible densité. L'ancrage tubérositaire doit donc être utilisé avec prudence car la résistance de l'os est

réduite. Le risque chirurgical vasculaire au niveau de cette région est très limité sauf au niveau du foramen grand palatin.

La région canine est une région charnière ; en effet, la canine joue un rôle clé dans l'occlusion, notamment dans les mouvements de latéralité. D'autre part, le pilier canin peut servir d'ancrage mais nécessite un examen scanographique précis afin de limiter ou d'éviter une effraction dans la cavité nasale ou dans le sinus maxillaire. La région canine, comme la région incisive, se caractérise par une faible épaisseur d'os spongieux autour des alvéoles dentaires. Les corticales vestibulaire et sinusienne sont de faible épaisseur par rapport à la corticale nasale plus épaisse.

La région incisive maxillaire ne présente pas de risque anatomique majeur en implantologie ; en revanche, la mise en place d'implant à ce niveau peut être compromise à cause d'une résorption centripète pouvant être importante. Les tables osseuses vestibulaires sont très minces, du fait de l'orientation des racines des incisives, et se résorbe généralement rapidement à la suite d'une extraction dentaire. La mise en place d'implant à ce niveau peut donc nécessiter le recours préalable à une greffe osseuse ou des techniques d'élargissement de crête, voire de distraction alvéolaire. (18)

2.2. **Spécificités de la mandibule**

La mandibule, os impair et symétrique, forme le squelette du massif facial inférieur. C'est le seul os mobile du massif facial. Il s'articule par l'intermédiaire de son processus condyloire avec le temporal, au niveau de l'articulation temporo-mandibulaire. La mandibule se divise en deux parties, une partie horizontale ou corps, et deux portions verticales, les branches montantes.

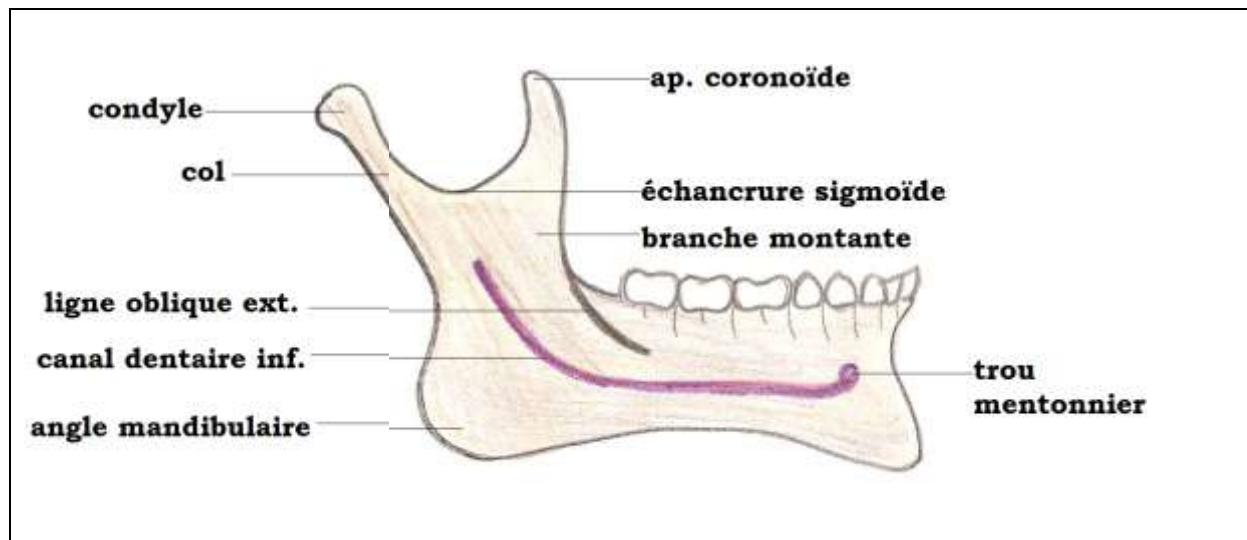


Figure 36 : Face latérale de la mandibule. D'après Dav Arpanah et Martinez. (13)

La région molaire mandibulaire est située entre le bord antérieur de la branche montante en arrière et le foramen mentonnière en avant. La présence du pédicule mandibulaire et sa situation par rapport à la crête et aux tables osseuses conditionnent autant la mise en place des implants que le choix du secteur dans le cas de prélèvement osseux. L'épaisseur de la corticale crestale est variable et dépend de l'ancienneté de l'édentation. L'os spongieux est généralement de plus faible densité dans la région molaire postérieure. Le sens et la forme de la résorption sont variables selon la morphologie de l'os et la position des dents.

La région prémolaire est caractérisée par la présence du foramen mentonnière. La pose d'implant au niveau de cette région sera donc fonction de la variété anatomique de ce foramen. Le pédicule mandibulaire suit un trajet de l'arrière de la mandibule vers l'avant, et de dedans en dehors. Dans la région prémolaire, il se divise en deux branches terminales. Une branche incisive poursuit un trajet intra-osseux vers l'avant, et une branche mentonnière suit un trajet en haut en arrière et en dehors et s'extériorise par le foramen mentonnière.

La région incisivo-canine mandibulaire présente de nombreux avantages tant sur le plan biomécanique que biologique. En effet, d'une part, cette région ne présente pas d'obstacles anatomiques majeurs, sauf le canal incisif quand il existe ; et d'autre part, elle donne la possibilité d'appuis bicorticaux dans les mandibules résorbées. La région incisive mandibulaire est caractérisée par la présence d'un os spongieux dense au sein d'une corticale globalement épaisse. Le pédicule incisif poursuit le trajet initial jusqu'à la symphyse

mentonnière qu'il ne dépasse jamais et peut s'anastomoser avec le pédicule incisif controlatéral. (18)

2.3. Classification osseuse

2.3.1. Classification de l'os résiduel

Selon les critères de Misch et Judy 1986, l'os disponible est classé en quatre catégories, à visée thérapeutique :

- os de division A :

L'os est abondant en hauteur, largeur et longueur.

L'angulation entre implant et moignon doit être inférieure à 30°.

Aucune chirurgie osseuse pré-implantaire n'est nécessaire.

- os de division B :

L'atrophie osseuse est légère à modérée, avec une hauteur de crête disponible supérieure à 10 mm et une largeur de crête comprise entre 2,5 et 5 mm.

L'angulation sera limitée à 30°.

Les options thérapeutiques sont l'ostéoplastie de la crête, une greffe osseuse, l'utilisation d'implants de faible diamètre, ou l'utilisation d'implants anatomiques.

- os de division C :

L'atrophie osseuse est modérée à avancée, avec un déficit en hauteur et en largeur.

L'angulation serait supérieure à 30°.

Les options thérapeutiques proposées sont la transposition du nerf alvéolaire, la greffe d'apposition, l'élévation du plancher sinusien, la distraction osseuse.

- os de division D :

La résorption osseuse avancée se traduit par une perte complète de l'os alvéolaire et une atrophie de l'os basal.

Les options thérapeutiques sont l'autogreffe d'os, l'élévation du plancher sinusien ou la distraction osseuse. (42)

2.3.2. Classification de l'os selon sa densité

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 :

- 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.

(38)

2.4. Déficits osseux

Un déficit osseux peut concerner la zone alvéolaire et une partie de l'os basal. La perte de substance dépend de l'espace qu'occupent les racines des dents avant d'être extraites. Ainsi, l'ostéolyse sera principalement horizontale dans la région incisivo-canine, et verticale dans les secteurs postérieurs. (65)

Un examen clinique doit être réalisé afin d'évaluer l'envergure de la perte osseuse grâce à l'élaboration de radiographies (notamment panoramiques), de tomographie et de scanners. Le praticien doit évaluer la hauteur de l'os et sa densité avant la réalisation du traitement. (51)

Lors de pertes osseuses horizontales le mur alvéolaire est aminci avec une dépression vestibulaire, d'autant plus marquée que le nombre de dents absentes est élevé.

Dans le cas de pertes osseuses verticales, la crête alvéolaire est affaissée par rapport au collet des dents voisines. Cette perte osseuse est souvent importante dans les secteurs molaires, notamment sous les sinus maxillaires où l'os basal pourra être réduit à une fine corticale. (65)

3. Prélèvements osseux

L'ostéointégration de l'implant est dépendante en partie de la quantité osseuse du site receveur. Ainsi, avant toute pose d'implant il est indispensable d'évaluer la quantité et la qualité osseuse de ce site ; de sorte que si il y a un défaut osseux, celui-ci soit comblé par de l'os synthétique, autogène, allogénique ou par une xénogreffe. Le choix du matériau de comblement ou du site de prélèvement osseux sera fonction de la quantité, de la qualité et de la forme de l'os nécessaire. (19)

3.1. Matériaux de comblement osseux

Les matériaux de comblement osseux sont variés. Ils ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients. La formation osseuse après comblement peut se faire par ostéo-induction, par ostéoconduction ou par ostéogénèse.

L'ostéo-induction est une néoformation osseuse, à partir de cellules mésenchymateuses différenciées sous l'action de protéines morphogénétiques, dans un site qui en était dépourvu.

L'ostéoconduction est un phénomène de croissance osseuse à la surface et en périphérie d'un matériau dit ostéoconducteur.

L'ostéogénèse est une croissance osseuse à partir de cellules vivantes présentes dans le greffon. (65)

L'os autogène est le seul matériau de comblement qui soit à la fois osté-inducteur, ostéoconducteur et ostéogénique.

Les biomatériaux de type allogreffes, xélogreffes et matériaux synthétiques sont actuellement uniquement ostéoconducteurs. Ces biomatériaux sont utilisés essentiellement sous forme granuleuse dans les comblements d'alvéoles, de déficits péri-implantaires, ou lors de comblement de sinus maxillaire.

Les allogreffes sont des matériaux provenant d'une même espèce. Ces matériaux subissent un traitement visant à éliminer l'antigénicité et à éviter le risque de transmission d'agent pathogène.

Les xélogreffes sont d'origine animale, elles sont dénaturées par traitement thermique qui élimine la partie organique.

Les matériaux synthétiques sont constitués soit de phosphate de calcium, soit de silicate comme les bioverres avec des proportions de calcium et de phosphate identiques à celles du tissu osseux. Ces matériaux peuvent se lier à l'os et agir comme substrat pour la croissance osseuse. (65)

3.2. Grefe d'apposition d'os autogène

3.2.1. Sites de prélèvement

L'os autogène demeure le matériau de choix pour les interventions de greffes osseuses d'apposition. Dans le cadre d'une greffe autogène le patient est à la fois le donneur et le receveur. Les deux actes (prélèvement et placement de greffon), doivent se faire dans le même temps chirurgical. Le greffon peut provenir de différentes parties du corps, soit endo soit exo-buccales. (51)

Bien que les substituts osseux synthétiques soient largement utilisés lors de réalisation de greffes, l'os autogène reste considéré comme le « gold standard » dans l'objectif de gain en quantité et en qualité osseuse, et dans la compatibilité osseuse limitant les rejets de greffons. (19)

L'os autogène constitue le matériau de référence grâce à ses propriétés ostéo-inductrices, mais le pronostic de reconstruction dépend de la nature de l'os greffé. Ainsi, une cavité ostéitique sera comblée plutôt par un os spongieux, lâche et friable, alors que la restauration de reliefs osseux sera comblée par de l'os cortical, dense et compact. (65)

Quand le défaut osseux au niveau du site à implanter est peu important, il peut être comblé directement après la pose de l'implant par un mélange d'os de forage et d'os synthétique. Cette technique permet de limiter les procédures chirurgicales.

Les sites de prélèvement extra-oraux sont le plus souvent l'os de la crête iliaque, l'os pariétal et le tibia. Ces sites de prélèvement permettent d'avoir des greffons de taille importante ; mais présentent l'inconvénient d'avoir recours à une anesthésie générale. (34) (65)

Les prélèvements d'os intra-buccal présentent l'avantage de se trouver dans le même champ opératoire que le reste de l'intervention, et de n'avoir recours, en général, qu'à une anesthésie locale.

Les sites de prélèvement intra-oraux sont le plus souvent la symphyse mentonnière, le ramus et la région de la tubérosité maxillaire. (19)

L'ostéotomie osseuse sur ces différents sites sera réalisée par des instruments rotatifs conventionnels, par des scies osseuses oscillantes ou par des pièces à main piézochirurgicales. (28)

3.2.2. Prélèvement mentonnier

L'os du menton permet un prélèvement d'environ 20 mm de large sur 30 mm de long. Ce site est facile d'accès, et permet de prélever de l'os cortical et un peu d'os spongieux. La partie centrale est préservée pour ne pas modifier la forme du menton.

Les risques principaux sont la lésion du nerf mentonnier ainsi que de l'artère sous mentale qui, si elle survenait mettrait en jeu le pronostic vital du patient. La lésion du nerf mentonnier entraîne un risque de trouble de la mobilité des muscles du menton après l'intervention ; il existe aussi un risque de lésion des nerfs labial et incisif, avec de possibles dysesthésies mentonnières. Ces lésions sont généralement sans conséquences sur la vitalité des dents malgré l'altération de leur sensibilité.

Les quantités osseuses prélevées sont cependant limitées ; avec un prélèvement moyen d'os cortical de longueur 45 à 50 mm, de largeur 6 à 13 mm, et d'épaisseur 6 à 9 mm. Ce site de prélèvement est indiqué lors de régénération osseuse guidée et lors de greffes de comblement et /ou d'apposition sur de petits secteurs.

Les suites opératoires sont classiques mais souvent douloureuses pour le patient. Les douleurs liées à l'œdème du menton et à l'hématome des téguments adjacents, peuvent être

atténuées par une hémostase locale ou une compression extra-buccale, mais restent pénibles pour le patient. (25, 28, 51, 65)

3.2.3. Prélèvement ramique

L'os ramique est utilisable pour des besoins de petites et moyennes étendues. L'accès au site est moins aisé qu'au niveau mentonnier. Ce site permet de prélever un os cortical de bonne épaisseur, jusqu'à 50 à 60 mm de longueur, 10 à 20 mm de largeur et 2 à 3 mm d'épaisseur. L'os spongieux y est également abondant.

Ce site de prélèvement est indiqué en particulier dans les greffes d'apposition et/ou de comblement et dans le cas de régénération osseuse guidée.

Les suites opératoires sont simples et comparables à celles d'une intervention d'extraction des dents de sagesse incluses. Cependant, les risques principaux sont la lésion du nerf lingual à l'incision, du nerf alvéolaire lors de la corticotomie vestibulaire et de l'artère faciale, qui si elle survenait mettrait en jeu le pronostic vital du patient. (10, 28, 51, 65)

3.2.4. Prélèvement au niveau de la région tubérositaire du maxillaire

Ce site permet le prélèvement d'os spongieux de bonne qualité et de forme correcte. D'autre part, aucun muscle ne vient s'insérer à ce niveau et la structure osseuse y est particulièrement solide. Le greffon aura une taille de 1,5 à 2 cm².

Le facteur limitant de cette zone est le risque de lésion du sinus maxillaire ainsi que du plexus alvéolaire, d'où l'intérêt de réaliser ce prélèvement par chirurgie piézoélectrique.

Ce site de prélèvement est indiqué dans le cas de reconstruction du maxillaire antérieur en prévision de la pose d'un implant unitaire, et lors de régénération osseuse guidée.

A l'issue de ce prélèvement peu de séquelles sont observées, avec un greffon de bonne qualité et de forme favorable pour l'ostéointégration ultérieure de l'implant. Au niveau du prélèvement l'os se reconstituera avec ses limites d'origine.

Cependant, comme au niveau de tout site de prélèvement, il y a un risque d'hématome et de surinfection post-opératoires qui sera prévenu par une asepsie rigoureuse per-opératoire. (19, 65)

L'utilisation de prélèvements intra-oraux en chirurgie pré-implantaire offrent un confort opératoire supérieur par rapport aux techniques extra-oraux. En effet, dans le cadre d'interventions pré-implantaires, une anesthésie locale est suffisante pour réaliser le prélèvement, et l'ensemble de l'intervention se réalise au niveau de la cavité buccale.

3.2.5. Prélèvement au niveau de l'os iliaque

L'os iliaque est le site de prélèvement le plus utilisé en chirurgie osseuse. La zone de prélèvement intéresse la partie antérieure de la crête, en arrière de l'épine iliaque antérosupérieure. Ce site permet surtout le prélèvement d'os spongieux en quantité importante. Cependant, l'os essentiellement spongieux est peu intéressant en chirurgie pré-implantaire. Ce site de prélèvement est indiqué en particulier pour les greffes de comblement. Le risque principal pour les prélèvements au niveau de ce site est la résorption secondaire des greffons d'apposition. (65)

Les suites opératoires sont souvent pénibles au niveau de ce site de prélèvement. Les douleurs et la claudication peuvent persister plusieurs mois après l'intervention.

Les douleurs entraînant une boiterie sont traitées par des antalgiques en fonction de l'importance du prélèvement iliaque.

L'ablation du drain, qui est mis en place au niveau du site de prélèvement et qui permet de diminuer le risque d'hématome et d'infection post-opératoire, est réalisée au deuxième ou troisième jour post-opératoire.

Des soins post-opératoires sont nécessaires pendant une dizaine de jours. L'ablation des points est effectuée généralement au dixième jour. (46)

Les principales complications au niveau de ce site de prélèvement sont :

- la formation d'un hématome au niveau du site de prélèvement, qui sera prévenue par la mise en place d'un drain pendant les premiers jours post-opératoires,

- une infection du site de prélèvement est possible mais est le plus souvent évitée par une asepsie rigoureuse per-opératoire,
- la lésion du nerf fémoro-cutané qui passe à proximité du site de prélèvement iliaque peut entraîner une perte de la sensibilité, le plus souvent temporaire, de la face antérieure de la cuisse,
- une cicatrice déprimée et inesthétique peut être évitée en laissant la partie supérieure de la crête iliaque afin de préserver le galbe naturel et esthétique de la crête iliaque,
- une hernie par faiblesse de la paroi abdominale à proximité du site de prélèvement est exceptionnelle. (46)

3.2.6. Prélèvement au niveau de l'os pariétal

Le prélèvement pariétal crânien est indiqué pour les greffes de tout type à but de reconstruction.

Le site donneur est l'os calvarial, qui permet le prélèvement d'os cortical en quantité variable.

Cet os est constitué d'une corticale externe relativement épaisse située au contact du cuir chevelu et d'une corticale interne en contact avec les méninges.

Les cicatrices sont normalement invisibles, sauf chez les personnes présentant une calvitie, étant donné que l'incision se fait dans le cuir chevelu. Ce site de prélèvement permet de donner de très bons résultats lors de résorptions osseuses importantes, notamment des crêtes mandibulaires. (12)

Il semble que pour Tulasne (65), les suites opératoires sont très simples et le seul réel inconvénient du prélèvement au niveau de cette région est qu'il nécessite une anesthésie générale. Cependant, le risque opératoire est réel notamment s'il y a une brèche de la corticale interne au cours du prélèvement, ce qui peut entraîner un hématome extradural avec risque mortel. De même, la lésion du sinus longitudinal représente un risque opératoire majeur. D'autre part, le risque vital est réel en cas de choc post-opératoire au niveau du site de prélèvement. (5)

Une fois le prélèvement pariétal effectué, une compression du site en extra-crânien est réalisée grâce à un bandage et le saignement secondaire évacué à l'aide d'un drain. (28)

3.2.7. Qualités exigées du site récepteur et du greffon

Afin de favoriser l'intégration du greffon sur son site receveur le praticien doit notamment contrôler au préalable la présence d'os spongieux, la stabilité et la bonne intégration du greffon.

Qualités exigées du site receveur :

- indemne de toute lésion infectieuse,
- charpente osseuse existante,
- présence d'os spongieux permettant l'ostéosynthèse,
- préparation du site par stimulation endostée.

Qualités exigées du greffon :

- bloc cortico-spongieux,
- stabilité,
- pas de hiatus entre le site receveur et le greffon,
- préparation du greffon. (51)

3.3. Reconstruction

L'objectif de la greffe est de reconstruire un volume osseux vivant dans lequel les implants pourront s'ostéo-intégrer.

La stimulation endostée se fait, après la réalisation du lambeau de pleine épaisseur, en abrasant l'os au décolleur, à la rugine ou à la fraise ; elle peut être complétée par de fines perforations de la corticale à la fraise.

Pour s'assurer de la prise du greffon, il est indispensable, d'une part, que le greffon soit parfaitement adapté au site receveur, et d'autre part, qu'il soit immobilisé par autoblocage, vis ou fil d'acier pendant la cicatrisation.

Le site peut être protégé par un biomatériau et/ou une membrane, puis la fermeture du site de greffe peut se faire en très légère tension après vérification de l'hémostase et repositionnement du lambeau. (56, 65)

3.4. Complications

3.4.1. Complications immédiates

Les complications immédiates sont celles qui apparaissent entre la fin de l'opération et jusqu'au quinzième jour.

Les hématomes sont d'autant plus à craindre que le décollement muqueux est étendu. La réalisation de sutures laissant persister un orifice de drainage permet de prévenir cette complication. Leur traitement consiste à désunir, sous anesthésie locale, les berges de la cicatrice sur 1 à 2 cm.

L'exposition du greffon , le plus souvent due à une nécrose muqueuse, peut être évitée par la libération complète des lambeaux pour pouvoir rapprocher les berges. Le traitement dépend de la nécessité ou non de préserver l'intégralité du greffon.

Les troubles sensitifs à type d'anesthésie, d'hypoesthésie ou d'algie faciale, sont le plus souvent transitoires en l'absence de lésion directe du nerf. (65)

3.4.2. Complications secondaires

Les complications secondaires sont celles qui se produisent entre le quinzième et le sixantième jour post-opératoire.

Les deux premiers mois correspondent à la phase de cicatrisation osseuse, cette période constitue donc la phase critique pour la greffe. L'infection est la complication essentielle. Sa prévention repose sur l'antibiothérapie et l'asepsie peropératoires . (65)

3.4.3. Complications tardives

Une fois la phase des deux mois de cicatrisation osseuse passée, les infections ne sont normalement plus à craindre.

Les complications tardives observées sont les pseudarthroses et les phénomènes de résorption.

La pseudarthrose est due à une absence de consolidation de tout ou partie du greffon. Elle est le plus souvent silencieuse ; mais, de façon générale, tout greffon qui n'est pas parfaitement intégré au site receveur doit être déposé.

Une résorption de l'ordre de 10 à 20 % de la masse osseuse du greffon est habituelle. Elle semble débiter vers le quatrième mois et se stabilise par la suite. Cependant, quand cette résorption est beaucoup plus importante, elle constitue une véritable complication, puisqu'elle remet en cause les suites du traitement. (65)

Pour minimiser ces risques, les principes généraux aux greffes sont :

- l'asepsie stricte,
- le respect de la vascularisation des tissus mous sous-jacents,
- le respect de l'intégrité de ces tissus mous, en particulier du périoste,
- la fixité du greffon sur son site receveur,
- l'étanchéité du site après la greffe,
- l'absence de suture tensile,
- l'absence de compression du site greffé,
- le respect du temps de cicatrisation (de 4 à 6 mois). (28)

4. Alternatives aux greffes d'apposition

4.1. Régénération osseuse guidée

Il est important de faire la distinction entre greffe osseuse sous membrane, qui consiste à placer des particules osseuses sous une membrane, résorbable ou non, sur la zone à reconstruire afin d'obtenir une reconstruction aussi anatomique que possible, et la régénération osseuse guidée, R.O.G.

La R.O.G. consiste à stabiliser le caillot sanguin entre la crête osseuse et la membrane, sans aucun apport de matériau. A partir de ce caillot, la prolifération de cellules différenciées aboutit à un os néoformé. (13, 65)

L'objectif de la technique de R.O.G. est d'induire la formation osseuse au niveau de sites présentant un défaut osseux, en phase pré-implantaire ou per-implantaire par exemple, ou suite à la pose d'implants.

Des études sont actuellement en cours autour de cette technique pour déterminer les facteurs influençant la régénération osseuse, afin de pouvoir faire des prévisions quant au gain osseux susceptible d'être obtenu. (41)

Parmi les facteurs influençant la R.O.G., l'apport d'os autogène sous la membrane limite l'exposition de celle-ci à plus ou moins long terme, par rapport aux biomatériaux de substitution osseuse.(39)

Des études comparatives, réalisées en 2004, ont montré que parmi les sites de prélèvements osseux intra-oraux, les meilleurs résultats de R.O.G. sont obtenus avec l'os d'origine symphysaire puis avec l'os ramique ; l'os tubérositaire ne sera utilisé qu'en alternative. (68)

La comparaison de l'efficacité des membranes résorbables en acides polylactiques et polyglycolitiques (PLA/PGA) associées à des copeaux d'os autogène, par rapport aux membranes de régénération en polytetrafluoroéthylène, montre que les deux types de membranes sont aussi efficaces pour l'obtention d'une régénération osseuse. (57)

Les membranes renforcées en titane permettent de maintenir un espace plus important en regard de l'implant. (13)

Des membranes de R.O.G. peuvent donc être utilisées en présence d'un défaut osseux lors de la pose d'implants. La formation osseuse est alors évidente, cependant l'ostéointégration de l'implant n'est pas aussi prévisible. (54, 55)

Une période de cicatrisation de 7 à 9 mois est nécessaire avant la dépose de la membrane. La R.O.G. permet d'obtenir un gain osseux vestibulo-lingual de 4 mm et apico-coronaire de 3 mm. (13)

4.2. Distraction alvéolaire

La distraction osseuse alvéolaire peut se définir comme l'allongement progressif et contrôlé de l'os après corticotomies et pose d'un matériel exo- ou plus souvent endobuccal. (44)

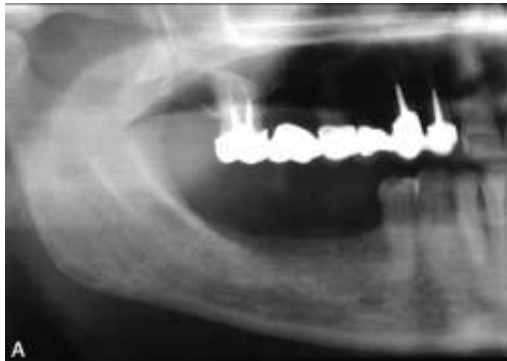
La technique de distraction alvéolaire trouve son indication pour la reconstruction de défauts osseux suite à un traumatisme, à des maladies parodontales, à des extractions ou à des anomalies congénitales de la région alvéolo-dentaire.

Le processus de distraction alvéolaire se déroule en quatre phases ; l'ostéotomie crestale permet la mise en place du dispositif de distraction, cette étape est suivie d'une période de latence, de la période de distraction, et d'une période de consolidation. (4)

Le principal avantage de la distraction alvéolaire est qu'elle ne nécessite pas de greffe osseuse, et donc pas de second site opératoire. De plus, les implants peuvent être posés dans la même séance que la distraction osseuse.

Laster et coll. décrivent un gain osseux horizontal de 4 à 6 mm après deux semaines de distraction, ce qui permet la mise en place rapide d'implants au niveau de la zone reconstruite. Cette technique leur permet d'obtenir l'ostéointégration de 20 implants sur 21. D'autre part, la réévaluation à un an montre l'absence de résorption osseuse marginale. (33)

Lors de ces études les évaluations cliniques, histologiques et radiologiques donnent des résultats favorables à l'utilisation de cette technique pour la reconstruction osseuse. (66)



a) Panoramique préopératoire.



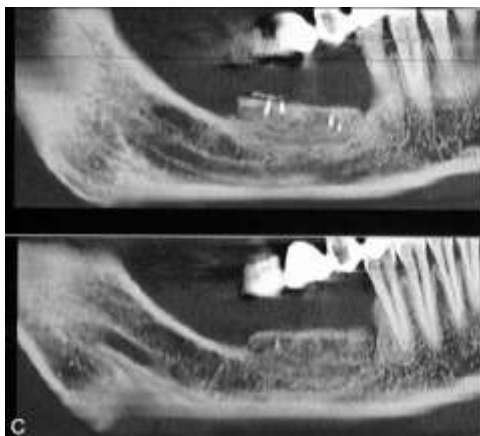
b) Contrôle peropératoire de l'ascension du fragment.



c) Panoramique en fin de distraction.



d) Panoramique à 6 mois post-distraction.



e) Tomodensitométrie à 6 mois. Coupes frontales dans la région de la 46 objectivant un gain de hauteur exploitable de 5mm.



f) Pose de 3 implants 45 jours après la dépose du distracteur.

Figure 37 a à f : Technique de la distraction alvéolaire. D'après Paranque et coll. (44)

4.3. Comblement sinusien par voie latérale

Le volume de la cavité sinusienne a naturellement tendance à augmenter avec le temps. De plus, l'extraction de dents antrales entraîne une résorption verticale et transversale de l'os alvéolaire. Ces deux phénomènes peuvent limiter la hauteur osseuse disponible pour placer un implant qui peut alors entraîner une perforation de la membrane.

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 :

- SA-1 pour une hauteur résiduelle supérieure ou égale à 12 mm,
- SA-2 pour une hauteur résiduelle entre 8 et 12 mm,
- SA-3 pour une hauteur résiduelle entre 5 et 8 mm,
- SA-4 pour une hauteur résiduelle inférieure à 5 mm. (43)

Si l'os résiduel n'est pas suffisant pour placer les implants dans l'axe des racines dentaires, il est alors nécessaire de rechercher de nouveaux points d'ancrage. Le but est d'éviter au maximum d'avoir recours à des techniques de greffe.

La membrane de Schneider est une barrière immunitaire chargée de maintenir le sinus sain. Il est nécessaire de soulever le plancher du sinus par un décollement de la membrane, puis par l'intégration de copeaux d'os autogènes et/ou de biomatériaux. La fréquence de déchirures de muqueuses dépend de l'épaisseur de la membrane sinusienne, de la présence éventuelle d'obstacles sur le plancher du sinus et de l'expérience de l'opérateur.

Pour ce type d'intervention, le patient est placé sous anesthésie locale. Un lambeau muco-périosté est alors réalisé au niveau de la paroi antéro-latérale du maxillaire supérieur, puis décollé. La face vestibulaire de l'os maxillaire est ainsi exposée. Une ostéotomie vestibulaire en volet à charnière supérieure est ensuite réalisée pour aborder la cavité sinusienne. La membrane sinusienne apparaît blanc grisâtre. Le décollement de la membrane est très délicat car elle est très adhérente et fragile. Le volet osseux est rabattu à l'intérieur de la cavité sinusienne ; il constitue le nouveau plancher du sinus. La surface osseuse du site à greffer doit être exempte de tout débris muqueux. Le comblement de la cavité sinusienne est soigneusement effectué avec le matériau choisi. Le lambeau muco-périosté est repositionné et suturé de manière hermétique. (13)

La greffe intrasinusienne ne se résorbe pas ou très peu, il est donc inutile de greffer massivement ; l'objectif étant d'obtenir une construction compacte, homogène et stable au contact du plancher.

Un scanner à trois mois permet d'évaluer le gain osseux ; le plus souvent une masse osseuse homogène plus ou moins dense, selon la provenance des greffons et la qualité du compactage, est observée. (18, 51, 65)

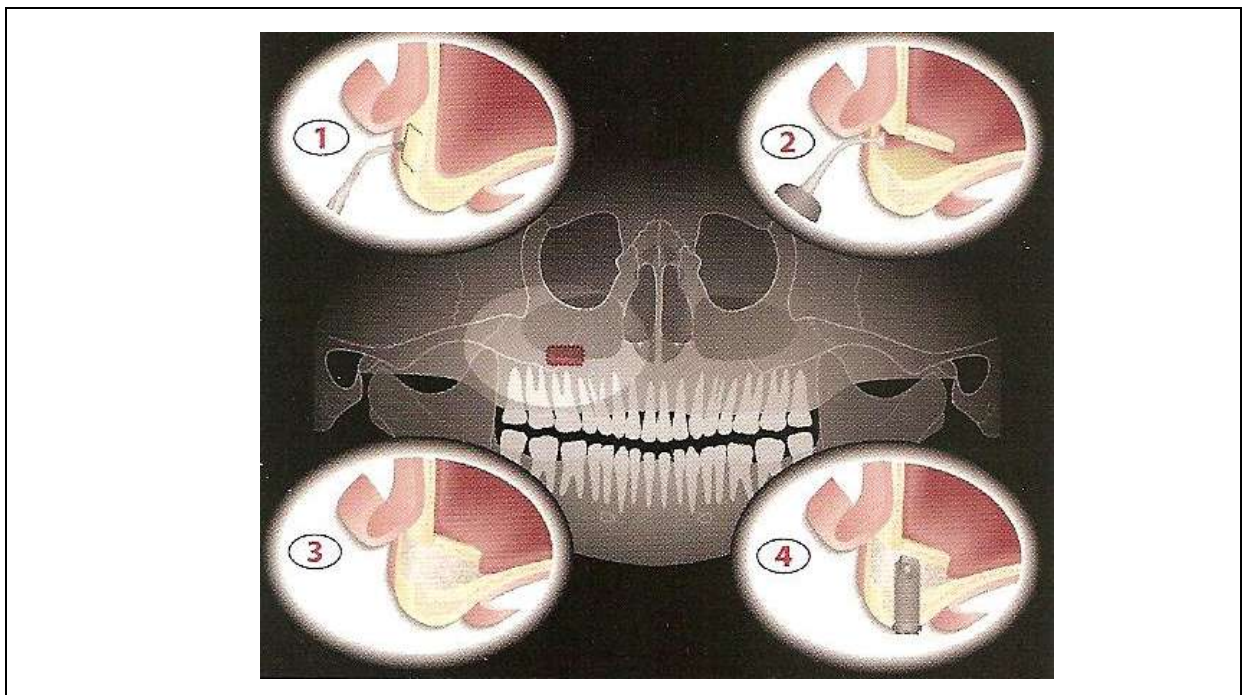


Figure 38 : Comblement sinusien par voie latérale.

*1 : Lambeau muco-périosté, et ostéotomie au niveau de la paroi antéro-latérale du maxillaire
2 : Création d'un nouveau plancher sinusien en rabattant le volet osseux à l'intérieur de la cavité*

3 : Comblement osseux de la cavité sinusienne par le matériau choisi,

4 : Mise en place de l'implant. (51)

4.4. Expansion de crêtes osseuses par ostéotomes

Cette technique d'expansion de crête osseuse , décrite pour la première fois par Summers en 1994, consiste à créer un site implantaire à l'aide d'une série d'instruments nommés « ostéotomes ». Cette méthode permet de préserver l'os par remodelage osseux. (13)

Les ostéotomes sont indiqués dans trois situations :

- densité osseuse faible de type IV au niveau du site implantaire
- crête osseuse trop fine pour la mise en place d'un implant
- hauteur osseuse sous-sinusienne réduite, comprise entre 5 et 8 mm.

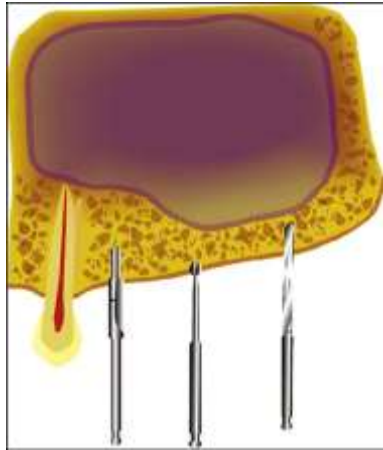
La technique des ostéotomes peut être réalisée sous anesthésie locale, et permet la pose de l'implant dans la même séance. Elle permet surtout d'éviter le recours à une greffe osseuse dans certains cas. (16)

L'augmentation à l'aide d'ostéotomes à bout concave se fait selon la technique de Summers modifiée. Cette technique modifiée consiste à élargir graduellement le site implantaire à l'aide d'ostéotomes sans pénétrer à aucun moment dans le sinus. Le but est de récupérer tout le tissu osseux disponible en le condensant et en préparant le site implantaire de façon précise et atraumatique. (3)

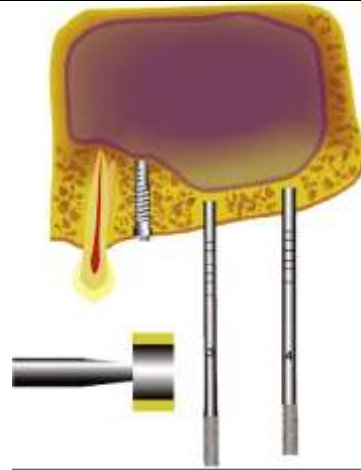
Cette technique n'est cependant pas applicable dans les cas de défauts osseux minimes. L'ostéotomie s'appuyant sur la visco-élasticité de l'os, les os de type I sont trop denses et donc non déformables lors de l'utilisation de cette technique. (16)

Par ailleurs, elle présente plusieurs inconvénients par rapport à l'approche latérale :

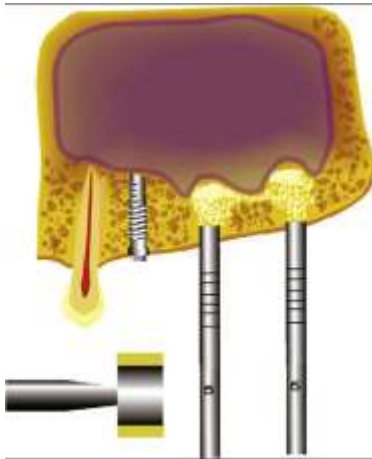
- elle se fait à l'aveugle et aucun contrôle ne peut se faire au niveau du décollement de la muqueuse sinusienne,
- s'il y a une perforation de la muqueuse sinusienne, l'accès ne permet pas le rattrapage de cette complication,
- les coups de maillet peuvent être assez traumatisants pour le patient. (3)



a) Préparation du site implantaire avant d'utiliser les ostéotomes.



b) Introduction des ostéotomes à l'aide d'un maillet sans aller au-delà du sinus.



c) Apport de biomatériau permettant de fracturer le plancher sinusien et de soulever la muqueuse Sinusienne.



d) Mise en place des implants possible dans la même séance.

Figure 39 a à d: Technique de Summers modifiée. D'après Antoun et coll. (3)

IV – Applications cliniques de la piézochirurgie en chirurgie implantaire et pré-implantaire

1. Expansion de crête osseuse

Vercellotti, en 2000, a réalisé une expansion de crête par piézochirurgie en vue de placer des implants au niveau de sites préalablement non implantables en raison d'une épaisseur osseuse non favorable. (69)

Le cas étudié présente une qualité osseuse de type I à II avec seulement 2 à 3 mm d'épaisseur. La technique utilisée consiste en une séparation du pan vestibulaire du pan palatin par piézochirurgie et un positionnement immédiat de l'implant entre les deux corticales. Cette chirurgie d'expansion de crête est réalisée sous anesthésie locale. Pour accélérer le processus de cicatrisation, l'espace autour de l'implant est comblé avec des biomatériaux puis le site est recouvert d'une membrane. Une réévaluation à trois mois révèle que la crête s'est minéralisée et stabilisée à 5 mm d'épaisseur et que l'implant a été ostéointégré.

Le principe de la nouvelle technique d'expansion de crête par chirurgie piézoélectrique permet une expansion de crête efficace et atraumatique quel que soit la qualité de l'os et son degré de minéralisation.

L'expansion de crête par piézochirurgie peut donc être utilisée, soit dans le seul but d'augmenter le volume de crête osseuse, soit pour réaliser une expansion et dans le même temps la pose d'un implant. (49, 69)

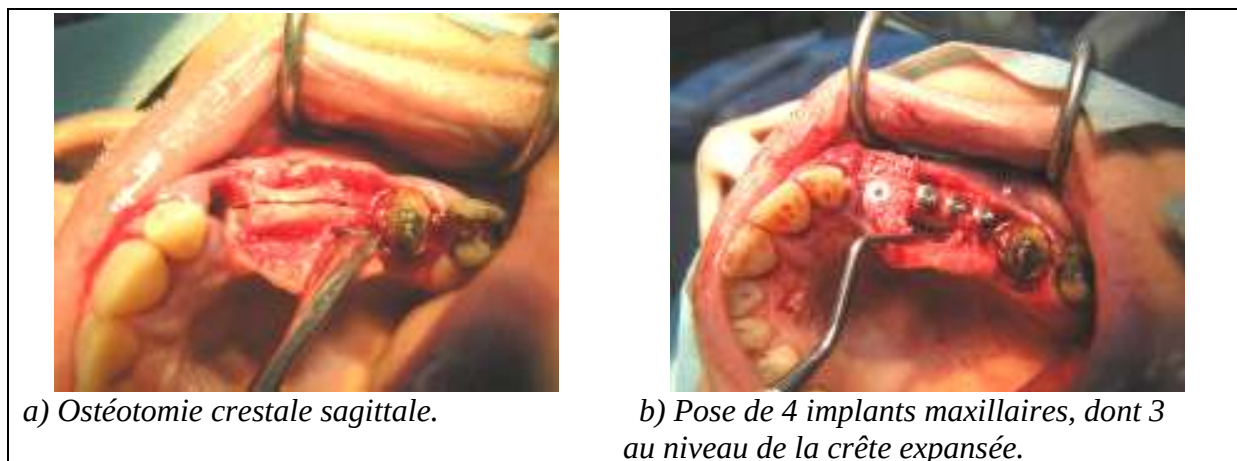


Figure 40 a et b : Expansion de crête par piézochirurgie. D'après KOSKIEVIC (30)

2. Prélèvement de greffon d'origine ramique, symphysaire ou tubérositaire

Le générateur piézoélectrique accompagné de ses inserts est spécifiquement dédié aux prélèvements de faible voire moyenne étendue, sur sites intra-oraux.

L'utilisation du bistouri ultrasonore pour le tracé et la collecte du greffon, mentonnier ou rétromolaire, rend quasi inutile l'utilisation du ciseau à os frappé, ce qui diminue d'autant le traumatisme du patient et le risque de fracture du fragment osseux. (35)

Avant tout acte de prélèvement ou de découpe de fenêtre osseuse, le praticien réalise l'accès au site par une incision et un décollement du lambeau. Il est alors primordial de conserver une bonne visibilité du champ opératoire, un bon apport sanguin, en respectant les structures anatomiques et en évitant les cicatrices disgracieuses. Il est vivement recommandé de débrider l'os de toute trace de tissus mous avant l'utilisation des inserts. Car comme précisé précédemment, les inserts, ne coupant que les tissus durs, ne produiront pas l'effet escompté. La suture se fera ensuite par une fermeture de la plaie sans tension ; il est important de prévoir des traits d'incision à distance de l'ostéotomie de sorte que les sutures reposent sur un plan dur. (19, 51)

Les prélèvements symphysaires permettent de récolter deux grands plateaux d'un os très corticalisé avec un risque minime pour le devenir du site donneur. Ces fragments sont le plus souvent suffisants pour mener à bien des étapes pré-implantaires, comme lors de comblements de sinus maxillaire ou de petites greffes d'apposition en épaisseur ou en hauteur.

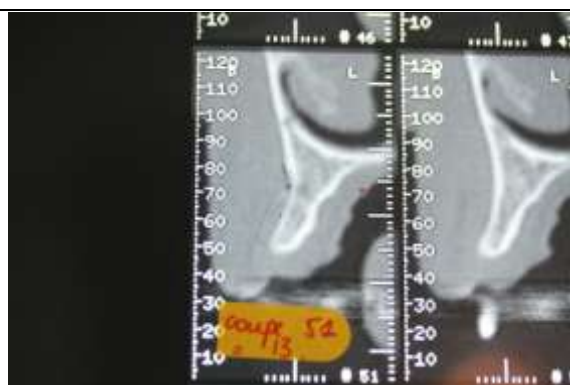
Par piézochirurgie, une tranchée de délimitation du greffon est réalisée créant une incision peu délabrante, plus fine que celle obtenue à la fraise à os. L'incision réalisée est aussi beaucoup plus profonde que celle obtenue avec un disque ; pouvant aller jusqu'à 10 ou 12 mm de profondeur. Par ailleurs, la transmission des vibrations ultrasonores permet le clivage des interfaces solides, entre le plateau corticalisé et les tissus médullaires sous-jacents.

L'utilisation du bistouri ultrasonore apporte donc au praticien une sécurité opératoire et améliore le bien être du patient. Elle permet de renforcer le pronostic de l'intervention en diminuant le nombre et l'intensité des coups de ciseau frappé nécessaires au clivage du plateau cortical.

Une des clés du succès fonctionnel et esthétique de ces greffes est la récupération de greffons de forme et de dimension parfaitement calculées. L'intégrité du greffon est donc un élément crucial. (37)

La zone de prélèvement rétromolaire est plus difficile d'accès que le menton, mais elle a l'avantage de permettre la collecte de fragments plus longs et plus épais qu'au niveau symphysaire. Comme au niveau symphysaire, il est important de réaliser un tracé de greffon aux dimensions adéquates pour le site receveur. L'utilisation du bistouri ultrasonore est encore plus sécurisante qu'au niveau symphysaire, l'angle rétromolaire étant un site enfoui et difficile à contrôler visuellement, le risque de lésion des tissus avoisinants est alors limité.

Les coups de ciseau à os frappé sont toujours les principaux souvenirs douloureux post-opératoires ; cette constatation est suffisante pour suggérer l'utilisation du bistouri ultrasonore dans le protocole de prélèvement osseux. (37)



a) Scanner en coupe sagittale du site à implanter.



b) Site receveur avant préparation.



c) Site donneur avant prélèvement.



d) Préparation du site receveur.



e) Ostéotomie ramique par piézochirurgie.



f) Site donneur après prélèvement du greffon.



g) Greffon avec orifices pour vis d'ostéosynthèse.



h) Fixation du greffon sur le site receveur.



i) Mise en place du biomatériau de comblement osseux.



j) Suture du site receveur.



k) Suture du site de prélèvement.

Figure 41 a à k : Prélèvement de greffon ramique par piézochirurgie. D'après Hoornaert.

3. Prélèvement particulière en copeaux ou en bloc d'os cortical

Un prélèvement de copeaux osseux peut être réalisé par piézochirurgie en vue d'une greffe osseuse. L'insert utilisé est le « rabot à os » permettant le prélèvement de copeaux d'os à proximité immédiate d'une dent de sagesse, par exemple, sans risque de léser les tissus dentaires durs contrairement aux prélèvements de copeaux d'os recourant à l'utilisation de fraises boules ou de Lindemann.

Une anesthésie locale ou loco-régionale permet le bon déroulement de l'intervention. Le prélèvement se fait en douceur, par un mouvement lent de l'insert tangentiellement à la surface, de sorte qu'un dépôt de copeaux osseux se forme et puisse être récupéré facilement par une curette.

La préparation piézochirurgicale permet ainsi un prélèvement osseux sous forme de copeaux ; à noter que ces derniers ont tendance à s'agglomérer en structure d'os spongieux dans le récipient de stockage. L'utilisation d'un filtre à os peut également être recommandée. (13, 32)

Lors de la réalisation de soulèvement de membrane sinusienne, des copeaux osseux peuvent également être prélevés au niveau de la fosse canine. (61)

La combinaison de la piézochirurgie et du filtre à os permet le prélèvement d'une quantité importante d'os autogène intra-oral. (59)



Figure 42 : Prélèvement particulière en copeaux d'os cortical. (40)

4. Ostéotomies lors de l'insertion de lames ramiques, et lors de la latéralisation du nerf alvéolaire inférieur

Une hauteur osseuse insuffisante au-dessus du canal mandibulaire contre-indique l'utilisation d'implants dentaires. L'association d'un volume osseux inadéquat et d'un espace prothétique insuffisant est une indication de transposition du nerf alvéolaire inférieur, permettant ainsi la mise en place d'implants. (13)

L'exposition du nerf alvéolaire inférieur par des instruments rotatifs conventionnels, même en prenant toutes les précautions qui s'imposent, présente toujours un risque de dérapage de la fraise à l'intérieur des tissus nerveux. Dans ce contexte, la méthode piézochirurgicale présente l'avantage de permettre une ostéotomie plus sécurisante dans la région du trou mentonnier à l'aide d'ultrasons.

Dans un premier temps chirurgical, sous anesthésie locale, un trait d'incision est réalisé sur la crête alvéolaire. L'émergence du trou mentonnier est ensuite libérée et le paquet vasculo-nerveux est délicatement manipulé. Le matériau de comblement choisi est alors placé en vestibulaire. Le lambeau peut enfin être repositionné et suturé. (13)

L'inconvénient majeur de cette technique est le risque de perte définitive de la sensibilité labio-mentonnière en cas de section du tronc nerveux. La position du nerf alvéolaire inférieur, la qualité et la quantité osseuses doivent être sérieusement évaluées avant de poser l'indication chirurgicale. (13)

L'utilisation du bistouri ultrasonore est très intéressante au cours de cette intervention car elle permet de coupler le tracé de la tranchée osseuse avec la manœuvre de séparation du bloc osseux de la voie d'accès et de dégagement du nerf alvéolaire inférieur.

Le bistouri ultrasonore présente l'avantage de n'avoir de pouvoir de coupe qu'à l'extrémité de sa portion travaillante, ce qui permet de l'utiliser dans les secteurs les plus reculés sans craindre pour l'intégrité des tissus avoisinants. (35)

Après l'ostéotomie, la fenêtre osseuse entourant le trou mentonnier est mobilisée et retirée à l'aide de l'instrument piézochirurgical, créant l'accès au nerf exposé.

Il est notamment possible d'élargir l'accès en direction distale, afin d'éliminer les corps étrangers, comme les matériaux d'obturation endodontiques qui seraient en contact avec le nerf. (32)

Aucune réelle différence n'a été retrouvée, lors de la comparaison de la piézochirurgie à la technique conventionnelle, au niveau de la cicatrisation, de la douleur ou de l'infection, lors de la réalisation du déplacement du nerf alvéolaire inférieur. En revanche, la piézochirurgie a permis de minimiser la perte osseuse, et de réduire les traumatismes des tissus mous, des tissus nerveux en particulier. Le bistouri ultrasonore nécessite un temps opératoire plus long, mais ceci est négligeable par rapport à la conservation quasi *ad integrum* du nerf dentaire et du nerf lingual. (36)



a) Radiographie panoramique pré-implantaire. La pose d'implants dans le secteur postérieur gauche implique la latéralisation du nerf alvéolaire inférieur.

Photo 13



b) Dégagement et latéralisation pré-implantaires du nerf alvéolaire inférieur à l'aide du bistouri ultrasonore.

Photo 14



c) Le tracé du plateau osseux d'accès est réalisé à l'aide d'un insert diamanté en ne négligeant pas l'élimination du foramen mentonnier afin de libérer le nerf sur toute sa longueur; préalable absolu à la réussite sans séquelle d'une telle intervention.

Figure 43 a à c : Latéralisation du nerf alvéolaire inférieur par piézochirurgie. D'après Leclercq et Dohan. (36)

5. Ostéotomies de la paroi latérale du sinus lors de comblement de sinus

Risques liés au comblement de sinus

La réhabilitation implantaire de la partie postérieure du maxillaire supérieur donne de très bons résultats quand le site à implanter présente un os de volume et de densité normale. Mais quand l'os du site à implanter est atrophié, la hauteur d'os présent peut devenir insuffisante pour la pose d'un implant.

La plupart des techniques de soulèvements de sinus, par ostéotomie utilisant des forêts ou par élévation de la membrane sinusienne par élévateurs manuels, présentent un risque de perforation de la membrane de Schneider. (11)

Il est en effet indispensable que la membrane de Schneider reste intacte durant cette étape de soulèvement de sinus afin de permettre au site à implanter de recevoir la greffe osseuse, de garantir la stabilité et la vascularisation de ce dernier, et d'assurer la maturation et la minéralisation osseuse.

Si la membrane sinusienne présente une lésion au niveau du site receveur de la greffe, il y aura un risque de migration ectopique de l'os, et notamment vers un épithélium muqueux respiratoire. Cette complication s'accompagnera de la nécrose du greffon et d'une infection de la cavité sinusienne. (11)

Le risque majeur lors du comblement de sinus est la perforation de la membrane de Schneider. Dans le but de pouvoir prévoir les possibilités de réparation de cette membrane, Vlassis et Fugazzotto ont proposé, en 1999, une classification des perforations de la membrane sinusale rencontrées lors de procédure de comblement de sinus. (75)

Des endoscopies et des scanners, réalisés à environ deux ans et demi après un comblement de sinus, montrent que les cas où il y a eu des microdéchirures de la muqueuse sinusienne sont compatibles avec un fonctionnement normal du sinus, en revanche les cas où la déchirure a été plus importante présentent des clichés typiques de sinusites bien que le sujet ne présente cliniquement aucun symptôme de cette complication. (1)

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. Les caractéristiques osseuses

des sites sont les suivantes : longueur moyenne d'ostéotomie de 14 mm, hauteur moyenne de 6 mm, et épaisseur moyenne de 1,4 mm.

A l'issue de cette étude, une seule perforation de membrane sinusienne a été signalée, en présence d'un septum très fin. A noter que cette perforation a pu être résolue dans la même séance en réalisant une autre fenêtre osseuse en distal, permettant la greffe osseuse.

La piézochirurgie simplifie la technique comblement de cavité sinusienne en réduisant de façon considérable le risque principal per-opératoire de perforation de la membrane sinusienne. (61, 72, 74)

Ostéotomie de la face externe du maxillaire

La piézochirurgie peut être utilisée pour la réalisation des ostéotomies du plancher du sinus. En effet, le bistouri piézoélectrique permet de diminuer le risque de lésion de la membrane de Schneider par rapport aux méthodes conventionnelles à l'aide de fraises boules en acier et diamantées. Il est cependant recommandé aux débutants de s'entraîner sur une coquille d'œuf. Le trait de coupe est fin, ce qui permet également de diminuer la perte de tissu. (14, 32)

Durant l'étape d'ostéotomie du volet osseux vestibulaire, l'opérateur doit réaliser un balayage constant de la surface osseuse pour éviter tout échauffement. (11, 53)

Décollement de la muqueuse

Dès que la préparation de la fenêtre osseuse est terminée, il est possible de changer d'insert. Les inserts à extrémité mousse conviennent particulièrement pour effectuer les premières étapes de décollement de la muqueuse à partir des rebords osseux, qui est l'une des étapes les plus délicates.

Le décollement de la membrane est assuré par l'élévateur piézoélectrique travaillant à la partie interne de la cavité sinusienne par un processus hydropneumatique. Ce décollement est effectué à vitesse faible en gardant en permanence le contact osseux. (11, 14, 32)

Comblement de la cavité sinusienne

La mise en place du matériau de comblement est alors possible, et la compaction de ce matériau peut se faire par piézochirurgie. En effet, les différents inserts peuvent être utilisés à titre de spatules ou fouloirs pour la mise en place de biomatériaux lors de comblement de sinus, de soulèvements de sinus et de comblements d'alvéoles après extractions dentaires.

Les autres étapes de l'intervention sont poursuivies selon la méthode conventionnelle. (11)



a) Site à implanter avant la greffe sinusale.



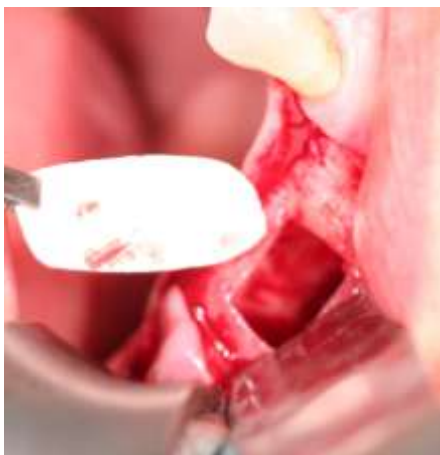
b) Ostéotomie du bord antérieur du sinus gauche, au bistouri piézoélectrique.



c) Mobilisation du volet osseux.



d) Décollement de la muqueuse sinusienne à l'aide de l'insert en plateau.



e) Vérification de la taille de la membrane de régénération osseuse



f) Préparation au comblement sinusien.



g) Mise en place du biomatériau de comblement.



h) Comblement sinusien.



i) Suture du site de comblement.



j) Cicatrisation à 7 jours.

Figure 44 a à j : Comblement de sinus par piézochirurgie ; d'après Hoornaert.

6. Dépose d'implants ostéo-intégrés

La dépose d'implants ostéo-intégrés est particulièrement délicate, car il s'agit d'une structure ankylosée, et une partie de l'os péri-implantaire risque d'être emporté avec l'implant. En effet, un implant ostéo-intégré peut résister à des forces de plus de 90 Newton en flexion et en torsion. L'intérêt de cette technique de dépose d'implants ostéo-intégrés par piézochirurgie est majeur dans les cas de fractures d'implants car il n'y a plus de prise et ils sont toujours ostéointégrés.

La dépose d'un implant ostéo-intégré peut aussi être nécessaire lorsque l'implant est en position ectopique et qu'il ne peut pas être utilisé à des fins prothétiques, ou lorsque la position de l'implant implique un préjudice esthétique majeur. La dépose de ces implants doit être la moins traumatisante possible.

D'une part, les vibrations ultrasonores permettent le clivage des interfaces solides, interfaces os/implant, sans avoir à appliquer de forces importantes sur la pièce à main, ce qui diminue le risque de fracture osseuse.

D'autre part, deux fines tranchées osseuses sont réalisées en vestibulaire ou linguale, de part et d'autre de l'implant, par micro-abrasion, afin de donner de l'élasticité à la paroi osseuse.

A une semaine de l'intervention, la cicatrisation est bonne et sans inflammation, l'absence de douleur et les tests neurologiques confirment l'intégrité des fonctions nerveuses.

La piézochirurgie est d'une grande aide dans ce cas, puisqu'elle permet une haute précision du trait de coupe, une perte osseuse minimale et un respect des tissus mous.

Cependant, toutes les étapes de cette chirurgie doivent être parfaitement maîtrisées, car le risque de fracture des parois osseuses demeure élevé, notamment lors de la phase d'extraction qui nécessite d'appliquer des forces en torsion conséquentes sur l'implant et les tissus qui y sont accrochés. (36, 57)



a) Réalisation de fines tranchées de part et d'autre de l'implant, afin de donner une certaine élasticité osseuse tout en imposant des vibrations ultrasonores à l'interface os/implant.



b) Le clivage de l'interface et la dépose de l'implant seront ainsi effectués avec un délabrement minimum des volumes osseux.

Figure 45 a et b : Dépose d'un implant ostéointégré. D'après Leclercq et Dohan. (36)

7. Extraction atraumatique de dents dans les techniques d'extraction-implantation immédiate

La piézochirurgie peut être utilisée lors d'avulsions préimplantaires avec un ménagement maximal des structures osseuses adjacentes.

L'insert utilisé permet de pénétrer avec précaution en profondeur, le long de l'espace desmodontal entre la racine et l'os alvéolaire ; la pénétration se fait par des mouvements progressifs de tamponnement. La finesse des inserts permet le tracé de tranchées fines et peu délabrantes pour l'os alvéolaire.

La technique est destinée à affaiblir la paroi osseuse alvéolaire afin de permettre finalement l'avulsion en douceur de la dent.

La netteté de l'incision osseuse et la sécurité du geste opératoire facilitent l'implantation immédiate sur le site de l'avulsion et assurent un pronostic plus favorable. Il est recommandé de procéder par des mouvements de balayage afin d'assurer une irrigation suffisante de l'insert, plutôt que par des pénétrations ponctuelles. (32, 35)



a) Maxillaire avec 11 et 21 fracturées transversalement. b) Partie coronaire de la 21 après extraction.



c) Extraction du fragment apical de 21 et nettoyage de la cavité kystique par piézochirurgie.



d) Fragment apical de 21 après extraction.



e) Mise en place de biomatériau de comblement osseux après extraction au niveau incisif maxillaire.

Figure 46 a à e : extraction par piézochirurgie. D'après Hoornaert .

8. Préparation du site receveur dans les greffes d'apposition

Le site receveur doit être exposé avant le prélèvement du greffon afin de mesurer le déficit osseux et prévoir l'intégration du greffon. (14)

L'ostéoplastie consiste en la préparation du site receveur ; elle peut être réalisée par des inserts spécifiques montés sur pièce à main piézoélectrique. Au cours de cette étape, les tissus de granulation sont éliminés, le site est nivelé et la stimulation endostée, permettant une meilleure cicatrisation du greffon, est effectuée. Par ailleurs, des copeaux d'os peuvent être collectés et intégrés dans le matériau de comblement. (14)

Les inserts d'ostéoplastie peuvent servir à remodeler le greffon afin d'éliminer toute zone sécante ou agressive

Le bloc osseux est ensuite vissé et les bords du greffon sont arrondis. Le comblement osseux est réparti et le site peut être suturé. (51)

9. Préparation des sites pour l'ostéodistraktion

Stüblinger et coll. ont étudié, en 2005, l'application de la piézochirurgie à différentes interventions et notamment à la réalisation de distraction alvéolaire. Les nombreux avantages du bistouri ultrasonore, la précision de coupe, l'absence de dommage sur les tissus mous, la diminution de l'hémorragie et la visibilité du site opératoire, permettent d'obtenir des conditions per et post-opératoires optimales. (62)

Lors de l'ostéodistraktion, l'ostéotomie peut être réalisée à l'aide de l'unit piézoélectrique. La séparation de la crête est effectuée avec ou sans ostéotomie de décharge mésiales et distales. La partie pédiculée de la paroi osseuse conserve dans tous les cas une bonne élasticité et son attache au périoste, et ce grâce à une précision d'incision osseuse qui n'aurait pas été possible avec des instruments rotatifs. (53)

10. Pose d'implants juxta-canalaire

En 2007, Tordjman et Boioli proposent une approche originale pour la pose d'implants dentaires dans les secteurs postérieurs mandibulaires présentant une faible hauteur au-dessus du canal mandibulaire. (64)

Différentes techniques d'augmentation de crête sont possibles pour la réhabilitation de mandibules présentant une résorption osseuse importante. Parmi ces techniques : la régénération osseuse guidée, la distraction osseuse, l'ostéogenèse induite par des facteurs de croissance, les greffes osseuses, la latéralisation du nerf alvéolaire inférieur, et l'utilisation d'implants courts.

La technique proposée par Tordjman et Boioli concerne la pose d'implants sur des hauteurs osseuses n'excédant pas 5 mm au-dessus du canal mandibulaire, au niveau de crêtes mandibulaires postérieures très résorbées. La hauteur critique minimum exploitable est pour le moment limitée à 7 mm, soit à 5 mm implantés et à 2 mm de marge au-dessus des éléments vasculo-nerveux.

Les étapes initiales de la chirurgie sont identiques à la préparation classique du site implantaire, en s'arrêtant à 2 mm de la profondeur finale envisagée. Ainsi, pour poser un implant dans un logement de 5 mm de profondeur, le forage sera réalisé jusqu'à 3 mm. Seule des anesthésies locales para-apicales seront réalisées de façon à ce que le nerf alvéolaire inférieur reste encore partiellement sensible à une agression directe.

L'extension apicale de la préparation se fera ensuite par une phase appelée « extension juxta-canaire du forage implantaire » qui sera réalisée par piézochirurgie. La technique de piézochirurgie est choisie pour ses qualités de sélectivité de coupe, étant active que sur les tissus minéralisés et non agressive vis à vis des parties molles.

Un insert gradué, cylindrique à extrémité arrondie est utilisé pour cette étape d'expansion apicale. En exerçant un double mouvement de rotation autour de l'axe implantaire et de pression verticale, la progression se fait en direction du canal mandibulaire, jusqu'à la graduation à 5 mm sur l'insert.

Quand la limite désirée est atteinte, la phase d'élargissement homothétique de la préparation peut être effectuée.

Au moment de la pose des implants, certaines précautions sont cependant à prendre en compte. D'une part, l'insertion motorisée de l'implant ne se fera que partiellement, en s'arrêtant à 3 mm de profondeur ; et sera relayée par un vissage manuel à la clé dynamométrique. D'autre part, la stabilité implantaire dans le sens vertical devra être ferme et totale. L'implant sera bloqué à 35 N/cm minimum.

Ce mode opératoire original n'est aujourd'hui possible que par piézochirurgie. En effet, seule cette technologie permet une grande proximité du contenu canalaire mandibulaire sans risques opératoires. (64)



a) Détail du panoramique préopératoire.



b) Sites implantaires préparés avec les forêts cylindriques.



c) Insert OT4 de Mectron Piezosurgery®.



d) Préparation verticale du site implantaire.



e) Elargissement homothétique du site implantaire.



f) Détail du panoramique, prothèse supra-implantaire en place.

Figure 47 a à f : Pose d'implants juxta-canalaire par piézochirurgie. D'après Tordjman et Boioli. (64)

V – Discussions

1. Avantages de la chirurgie piézoélectrique

- La piézochirurgie se différencie des autres techniques par une coupe micro-métrique , dont la vitesse de coupe est plus lente qu’avec les instruments rotatifs conventionnels utilisant des vibrations macro-metriques dont la précision est nettement inférieure.
L’insert travaille sur le tissu osseux en utilisant de vibrations mécaniques de 60 à 100 microns, d’où une coupe microscopique avec une largeur d’incision se situant entre 60 et 200 μm . (53, 70, 71)
- La piézochirurgie se différencie également des autres techniques par ses propriétés de sélectivité de coupe. Le générateur piézoélectrique travaille par variation de faibles fréquences, entre 22 et 30 kHz, permettant une action de l’insert sur les tissus minéralisés sans dommages pour les tissus mous. (70, 71)
- Le bistouri piézoélectrique doit travailler par balayage sans exercer de forces importantes sur la pièce à main, ce qui permet un meilleur contrôle du geste et de l’ostéotomie. (31, 70)
- 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 la profondeur de coupe, notamment au niveau des zones anatomiquement difficiles. (36)
- L’absence de sang sur le site opératoire, grâce au phénomène de cavitation généré par les ultrasons, offre un avantage supplémentaire qui assure une visibilité maximale et augmente le confort de l’opérateur. (70, 71)

- L'absence de signe de nécrose au niveau des surfaces de coupe et la présence d'ostéocytes en vie démontrent le faible traumatisme tissulaire engendré par cette technique. (71)
- Les examens macroscopiques ont permis de constater la netteté de la coupe. En effet, la surface de coupe est parfaitement lisse, sans nécrose ni pigmentation (phénomènes qui peuvent se produire lors de l'utilisation d'instruments motorisés). (71)
- La piézochirurgie permet la réalisation d'ostéotomies particulièrement aisées sur os fins. (71)
- Le retour des fonctions motrices et sensitives est complet sans dommage neurologique ni conséquence sur les tissus avoisinants le site opératoire. (71)
- La cicatrisation primaire de l'os, après chirurgie osseuse, ostéotomie et/ou ostéoplastie, est plus rapide par piézochirurgie que par les techniques de coupe motorisées conventionnelles. D'autre part, le remodelage osseux se fait jusqu'au 56ème jour post-opératoire, alors qu'avec les techniques conventionnelles un début de perte osseuse est observé. (9, 45)
- L'instrumentation piézoélectrique, comme l'instrumentation rotative, peut être utilisée aussi bien lors d'opérations sous anesthésie générale que lors d'opérations sous anesthésie locale. (61)
- Après une période d'adaptation de l'opérateur, la différence dans la durée de l'acte opératoire devient presque négligeable par rapport à l'utilisation conventionnelle de moteurs chirurgicaux. (61)
- La vitalité pulpaire des dents avoisinantes le site opératoire est conservée, et l'élévation de température de la pièce à main est comparable aux autres techniques d'instruments rotatifs. (49)

- Les microvibrations de la piézochirurgie produisent moins de vibrations et moins de bruit que les macro-vibrations des scies et des fraises à os. Ceci permet de diminuer le stress psychologique et la peur pendant l'ostéotomie sous anesthésie locale. (60)
- Il semble que la piézochirurgie ne trouve pas une indication limitée aux chirurgies mineurs, mais peut également être utile pour des opérations plus délicates, et pas uniquement dans le cadre de la chirurgie buccale. (61)

2. Limites d'utilisation

- La limite principale d'utilisation de la piézochirurgie est la gestion du facteur temps. C'est pourquoi l'utilisation de la piézochirurgie n'est pas recommandée pour des ostéotomies complexes d'os cortical dense. D'autre part, l'utilisation du bistouri ultrasonore, même si elle demeure efficace, ralentira grandement la main du chirurgien expérimenté. Cependant, pour un praticien expérimenté, la piézochirurgie présentera un intérêt déterminant au cours d'au moins cinq interventions bien particulières : la dépose d'implants ostéo-intégrés, le soulèvement de sinus, les prélèvements symphysaires, rétromolaires et les déroutements de nerf alvéolaire inférieur. (31, 35, 36)
- La piézochirurgie, en raison de son fonctionnement microabrasif souffre parfois d'un certain manque d'efficacité par rapport à une instrumentation plus conventionnelle. Notamment, face à des instruments rotatifs d'une grande puissance de coupe, mais également dans de nombreuses situations cliniques nécessitant un geste chirurgical simple et rapide. (35)
- Dans le but de prévenir tout type de problème au cours de l'intervention, au lieu d'augmenter la pression exercée sur la pièce à main, comme avec l'instrumentation traditionnelle, il est préférable de trouver la juste pression à apporter à la pièce à main, afin d'atteindre le résultat souhaité.

Il est important de réaliser que l'énergie exercée par une pression trop importante sur la pièce à main peut se transformer en chaleur et risque d'entraîner des dommages sur les tissus avoisinants. (48)

- Malgré leur grande dureté, les inserts diamantés s'usent, ils ne résistent pas très longtemps à la violence des impacts microabrasifs, au risque de se briser, ou pire, d'abîmer les tissus à découper par échauffement incontrôlé.

Il est donc impossible de généraliser l'utilisation de ce système à toutes les interventions de chirurgie osseuse ; en l'occurrence, cet instrument n'a pas été conçu pour de la chirurgie orthopédique. (21, 35)

- Une usure accélérée des inserts et un taux de fracture des parties travaillantes plus élevé sont observés pour des os très corticalisés. Ces fractures demeurent sans conséquences sur la qualité de la coupe, mais nécessitent une gestion attentive des stocks des inserts de rechange. (36)

- L'étude de l'effet thermique, liés à l'utilisation d'ultrasons à des fréquences de 25 à 42 kHz, sur les tissus durs et mous, a montré la présence de nécroses en surface ; phénomène qui n'a pas été retrouvé lors de l'utilisation de la piézo-chirurgie dont les fréquences varient entre 22 et 30 kHz.

En effet, les générateurs piézoélectriques fonctionnent par intermittence de fréquences de plus faibles amplitudes, ce qui permet la relaxation tissulaire et une meilleure cicatrisation. Cependant, la température des inserts piézo-chirurgicaux augmente lors d'une utilisation prolongée, par conséquent, des dommages thermiques au niveau pulpaire des dents saines ne peuvent être exclus. De même, après une utilisation prolongée, il ne faut pas mettre l'insert de la pièce à main au contact des tissus mous, comme les lèvres, afin de ne pas les brûler. (21, 51, 58, 61, 76)

- Toutes ces particularités font du bistouri ultrasonore un instrument de précision et d'une efficacité indéniable pour certaines chirurgies, mais qu'il est préférable de n'utiliser que lorsque ses qualités spécifiques peuvent jouer un rôle déterminant dans la réussite du traitement. (35)
- Le recul clinique de l'utilisation de la piézochirurgie est peut-être encore insuffisant pour s'assurer de l'absence d'effet à moyen ou long termes. (21)

VI - Conclusions

L'utilisation d'instruments ultrasoniques pour la réalisation de chirurgies osseuses en odontologie a été proposée depuis plus de vingt ans, notamment avec Horton JE, mais sans réellement être approfondie.

Il faudra attendre 1997 pour que cette technique connaisse un nouvel essor grâce aux publications de Torella et Vercellotti. La piézochirurgie a été pensée pour simplifier les protocoles chirurgicaux, améliorer la prédictibilité des résultats et la sécurité du geste opératoire.

A l'issue de l'invention du bistouri piézoélectrique par Vercellotti en collaboration avec Mectron Medical Technology Srl, en 1998, de nombreuses publications sur ce sujet ont mis en avant les avantages de la chirurgie piézoélectrique tant pour la chirurgie buccale traditionnelle que pour la chirurgie préimplantaire.

L'avantage essentiel est la sélectivité de l'effet de coupe, permettant pratiquement d'exclure tout risque de lésion des tissus mous avoisinants et des structures ou tissus dentaires.

Cet outil innovant permet de réaliser avec précision de nombreux actes délicats. Son efficacité est moindre que pour des systèmes rotatifs plus traditionnels, cependant il reste parfaitement adapté à la réalisation de la plupart des chirurgies orales. En effet, grâce à

l'utilisation des vibrations ultrasonores, il demeure un outil extrêmement sécurisant et performant pour intervenir avec maîtrise et précision.

Lors des premières interventions le temps opératoire sera naturellement prolongé ; bien que ce temps diminue par la suite, en fonction de la courbe d'apprentissage et de la sélection plus pertinente des inserts.

Force est de constater que la piézochirurgie permet d'élargir l'éventail des techniques de la chirurgie buccale.

La technologie piézoélectrique fait partie des innovations qui transforment les manœuvres les plus délicates en gestes aisés parfaitement maîtrisés. La piézochirurgie est non seulement un ensemble de nouveaux instruments dédiés en partie à la chirurgie buccale, mais également une nouvelle technique chirurgicale qui nécessite la mise en place de nouveaux protocoles ainsi que la définition d'indications thérapeutiques.

De nombreuses indications s'offrent donc à cette nouvelle instrumentation, cependant, il est important de définir un champ d'application raisonné et raisonnable afin de profiter pleinement de ses atouts sans se heurter à ses limites. (32, 35, 36)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AIMETTI M, ROMAGNOLI R, RICCI G et MASSEI G.

Maxillary sinus elevation : the effect of macrolacerations and microlacerations of the sinus membrane as determined by endoscopy.

Int J Periodont Rest Dent 2001;**21**(6):581-589.

2. AMTECH SARL (Laboratoire).

Surgysonic. Livret clinique.

Moissy-Cramayel : Amtech, 2006.

3. ANTOUN H, EL-ZOGHBI H, CHERFANE P et MISSIKA P.

Les ostéotomes de Summers : une alternative au volet latéral pour les soulevés de sinus ?

Implandontie 2003;**12**:3-9.

4. BASA S, UNER Z, CITIR M et ARAS K.

Reconstruction of a large mandibular defect by distraction osteogenesis : a case report.

J Oral Maxillofac Surg 2000;**58**:1425-1428.

5. BETTACH R.

Options thérapeutiques face à une insuffisance osseuse transversale incisivo-canine.

<http://www.dentalespace.com/dentiste/formation/171-options-therapeutiques-face-une-insuffisance-osseuse-transversale-incisivo-canine-3eme-partie.htm>

6. BEZIAT JL, BERA JC, LAVANDIER B et GLEIZAL A.

Ultrasonic osteotomy as a new technique in craniomaxillofacial surgery.

Int J Oral Maxillofac Surg 2007;**36**(6):493-500.

7. BEZIAT JL, VERCELLOTTI T et GLEIZAL A.

Qu'est-ce que la Piezosurgery®? Intérêt en chirurgie craniomaxillofaciale. A propos de deux ans d'expérience.

Rev Stomatol Chir Maxillofac 2007;**108**(2):101-107.

8. BOYNARD M.

Les ultrasons en médecine et en biologie.

http://naxos.biomedicale.univ-paris5.fr/diue/IMG/pdf/MB2005.1.Propagation_26.pdf

9. BUSSLINGER A, LAMPE K, BEUCHAT M et LEHMANN B.

A comparative in vitro study of a magnetostrictive and a piezoelectric ultrasonic scaling instrument.

J Clin Periodontol 2001;**28**(7):642-649.

10. CAPELLI M.

Autogenous bone graft from the mandibular ramus: a technique for bone augmentation.

Int J Periodont Rest Dent 2003;**23**(3):277-285.

11. CHARBIT Y, HITZIG C et DISS A.

Elévation du plancher sinusien par chirurgie piézoélectrique.

Chir Dent Fr 2005;**1211**:49-53.

12. CHIAPASCO M, GATTI C et GATTI F.

Immediate loading of dental implants placed in severely resorbed edentulous mandibles reconstructed with autogenous calvarial grafts.

Clin Oral Implants Res 2007;**18**(1):13-20.

13. DAV ARPANAH M et MARTINEZ H.

Manuel d'implantologie clinique.

Paris : CdP, 2000.

14. 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.

15. EMS France (Laboratoire).

Piezon Amtech, 2006. Master Surgery. Livret clinique.

Vélizy-villacoublay : EMS France, 2006.

16. FERRIGNO N, LAURETI M et FANALI S.

Dental implants placement in conjunction with osteotome sinus floor elevation: a 12-year life-table analysis from a prospective study on 588 ITI implants.

Clin Oral Implants Res 2006;**17**(4):194-205.

17. GARCIA S, KUNITZ E et SAMPSON K.

Piezoelectric effect and its applications – Historical review ; 1998.

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

18. GAUDY JF.

Atlas d'anatomie implantaire.

Paris : Masson, 2006.

19. GELLRICH NC, HELD U, SCHOEN R et coll.

Alveolar zygomatic buttress: A new donor site for limited preimplant augmentation procedures.

J Oral Maxillofac Surg 2007;**65**(2):275-280.

20. GLEIZAL A, BERA JC, LAVANDIER B et BEZIAT JL.

Piezoelectric osteotomy: a new technique for bone surgery-advantages in craniofacial surgery.

Childs Nerv Syst 2007;**23**(5):509-513.

21. GRUBER RM, KRAMER FJ, MERTEN HA et SCHLIEPHAKE H.

Ultrasonic surgery--an alternative way in orthognathic surgery of the mandible. A pilot study.

Int J Oral Maxillofac Surg 2005;**34**(6):590-593.

22. HOIGNE DJ, STUBLINGER S, VON KAENEL O et coll.

Piezoelectric osteotomy in hand surgery: first experiences with a new technique.

BMC Musculoskelet Discord 2006;**7**:36.

23. HORTON JE, TARPLEY TM et JACOWAY JR.

Clinical applications of ultrasonic instrumentation in the surgical removal of bone.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1981;**51**(3):236-242.

24. HORTON JE, TARPLEY TM et 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.

25. KAUFMAN E et WANG PD.

Localized vertical maxillary ridge augmentation using symphyseal bone cores: a technique and case report.

Int J Oral Maxillofac Implants 2003;**18**(2):293-298.

26. KHAMBAY BS et 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.

27. KHAMBAY BS et WALMSLEY AD.

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

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

28. KHOURY G.

Les greffes osseuses autologues.

Fil Dent 2007;**24**:28-30.

29. KOSKIEVIC J.

Intérêt du bistouri piezo-électrique en chirurgie buccale.

Lettre Stomatol 2006;**32**(11):23-25.

30. KOSKIEVIC J.

Apport de la piézo-électricité en chirurgie implantaire.

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

31. KOTRIKOVA B, WIRTZ R, KREMPIEN R et coll.

Piezosurgery--a new safe technique in cranial osteoplasty?

Int J Oral Maxillofac Surg 2006;**35**(5):461-465.

32. LAMBRECHT JT.

La piézochirurgie intraorale.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 2004;**114**:34-36.

33. LASTER Z, RACHMIEL A et JENSEN OT.

Alveolar width distraction osteogenesis for early implant placement.

J Oral Maxillofac Surg 2005;**63**:1724-1730.

34. 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.

35. LECLERCQ P et DOHAN D.

De l'intérêt du bistouri ultrasonore en implantologie : technologies, applications cliniques.

Première partie : technologies.

Implandontie 2004a;**13**:151-157.

36. LECLERCQ P et DOHAN D.

De l'intérêt du bistouri ultrasonore en implantologie : technologies, applications cliniques.

Deuxième partie : applications cliniques.

Implandontie 2004b;**13**:159-165.

37. LEVIN L, NITZAN D et SCHWARTZ-ARAD D.

Success of dental implants placed in intraoral block bone grafts.

J Periodontol 2007;**78**:18-21.

38. LEKHOLM U et ZARB GA.

Prothèses ostéo-intégrées – L'ostéointegration en pratique clinique. Sélection et préparation du patient.

Paris : CdP, 1988:199-208.

39. MATTOU P et MATTOU C.

Conditions for success in guided bone regeneration: retrospective study on 376 implant sites.

J Periodontol 2000;**71**(12):1904-1909.

40. MECTRON SRL (Laboratoire).

Piezosurgery. Livret clinique.

Carasco : Mectron, 2007.

41. MELLONIG JT et NEVINS M.

Guided bone regeneration of bone defects associated with implants: an evidence-based outcome assessment.

Int J Periodont Rest Dent 1995;**15**(2):168-185.

42. MISCH CE.

Implant dentistry. 2e Ed.

St Louis : Mosby, 1986.

43. MISCH CE.

Maxillary Sinus augmentation for endosteal implants: organized alternative treatment plans.

Int J Oral Implantol 1987;**4**(2):49-58.

44. PARANQUE AR, DENHEZ F, BEY E et coll.

Distraction alvéolaire des secteurs postérieurs mandibulaires : à propos d'un cas clinique.

Ann Chir Plast Esthét 2001;**46**:330-335.

45. PRETI G, MARTINASSO G, PEIRONE B et coll.

Cytokines and growth factors involved in the osseointegration of oral titanium implants positioned using piezoelectric bone surgery versus a drill technique: a pilot study in minipigs. J Periodontol 2007;**78**(4):716-722.

46. QUILICHINI R, DUPUI D et MAYNADIER T.

Le greffon iliaque.

<http://www.chirurgiemaxillofaciale-albi.com/cmf/greffesos/iliaque/index.html>

47. ROBIONY M, POLINI F, COSTA F et coll.

Ultrasound piezoelectric vibrations to perform osteotomies in rhinoplasty.

J Oral Maxillofac Surg 2007;**65**(5):1035-1038.

48. ROBIONY M, POLINI F, COSTA F et coll.

Piezoelectric bone cutting in multipiece maxillary osteotomies.

J Oral Maxillofac Surg 2004;**62**(6):759-761.

49. ROBIONY M, POLINI F, COSTA F et coll.

Ultrasonic bone cutting for surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) under local anaesthesia.

Int J Oral Maxillofac Surg 2007;**36**(3):267-269.

50. SALAMI A, VERCELLOTTI T, MORA R et coll.

Piezoelectric bone surgery in otologic surgery.

Otolaryngol Head Neck Surg 2007;**136**(3):484-485.

51. SATELEC ACTEON EQUIPEMENT (Laboratoire).

Piezotome. Livret clinique.

Merignac : Satelec Acteon Equipement, 2006.

52. SCHALLER BJ, GRUBER R, MERTEN HA et coll.

Piezoelectric bone surgery: a revolutionary technique for minimally invasive surgery in cranial base and spinal surgery? Technical note.

Neurosurgery 2005;**57**(4 Suppl):E410; discussion E410.

53. SIERVO S, RUGGLI-MILIC S, RADICI M et coll.

La piézochirurgie intraorale : une méthode alternative pour la chirurgie ménageant les tissus mous.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 2004;**114**(4):373-377.

54. SIMION M, BALDONI M et ZAFFE D.

Jawbone enlargement using immediate implant placement associated with a split-crest technique and guided tissue regeneration.

Int J Periodont Rest Dent 1992;**12**(6):462-473.

55. SIMION M, DAHLIN C, ROCCHIETTA I et coll.

Vertical ridge augmentation with guided bone regeneration in association with dental implants: an experimental study in dogs.

Clin Oral Implants Res 2007;**18**(1):86-94.

56. SIMION M, JOVANOVIC SA, TRISI P et coll.

Vertical ridge augmentation around dental implants using a membrane technique and autogenous bone or allografts in humans.

Int J Periodont Rest Dent 1998;**18**(1):8-23.

57. SIMION M, MISITANO U, GIONSO L et SALVATO A.

Treatment of dehiscences and fenestrations around dental implants using resorbable and nonresorbable membranes associated with bone autografts: a comparative clinical study.

Int J Oral Maxillofac Implants 1997;**12**(2):159-167.

58. SIVOLELLA S, BERENGO M, FIOROT M et MAZZUCHIN M.

Retrieval of blade implants with piezosurgery: two clinical cases.

Minerva Stomatol 2007;**56**(1-2):53-61.

59. SIVOLELLA S, BERENGO M, SCARIN M et coll.

Autogenous particulate bone collected with a piezo-electric surgical device and bone trap: a microbiological and histomorphometric study.

Arch Oral Biol 2006;**51**(10):883-891.

60. SOHN DS, AHN MR, LEE WH, YEO DS et LIM SY.

Piezoelectric osteotomy for intraoral harvesting of bone blocks.

Int J Periodont Rest Dent 2007;**27**(2):127-131.

61. STUBINGER S, KUTTENBERGER J, FILIPPI A et coll.

Intraoral piezosurgery: preliminary results of a new technique.

J Oral Maxillofac Surg 2005;**63**(9):1283-1287.

62. STUBINGER S, ROBERTSON A, ZIMMERER KS et coll.

Piezoelectric harvesting of an autogenous bone graft from the zygomaticomaxillary region: case report.

Int J Periodont Rest Dent 2006;**26**(5):453-457.

63. SUN L, WANG H, CHEN L et LIU Y.

A novel ultrasonic micro-dissection technique for biomedicine.

Ultrasonics 2006;**44**(22):e255-e260.

64. TORDJMAN S et BOIOLI LT.

Implants juxta-canauxaires.

Inf Dent 2007;**89**(26):1499-1503.

65. TULASNE J-F et ANDREANI JF.

Les greffes osseuses en implantologie.

Paris : Quintessence International, 2004.

66. TURKER N, BASA S et VURAL G.

Evaluation of osseous regeneration in alveolar distraction osteogenesis with histological and radiological aspects.

J Oral Maxillofac Surg 2007;**65**:608-614.

67. UEKI K, NAKAWAGA K, MARUKAWA K et YAMAMOTO E.

Le Fort I osteotomy using an ultrasonic bone curette to fracture the pterygoid plates.

J Craniomaxillofac Surg 2004;**32**(6):381-386.

68. VEIS AA, TSIRLIS AT et PARISIS NA.

Effect of autogenous harvest site location on the outcome of ridge augmentation for implant dehiscences.

Int J Periodont Rest Dent 2004;**24**(2):155-163.

69. VERCELLOTTI T.

Piezoelectric surgery in implantology: a case report--a new piezoelectric ridge expansion technique.

Int J Periodont Rest Dent 2000;**20**(4):358-365.

70. VERCELLOTTI T.

Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery.

Minerva Stomatol 2004;**53**(5):207-214.

71. VERCELLOTTI T, CROVACE A, PALERMO A et MOLFETTA I.

The piezoelectric osteotomy in orthopedics: clinical and histological evaluations (pilot study in animals).

Medit J Surg Med 2001;**9**(4):89-96.

72. VERCELLOTTI T, DE PAOLI S et 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 Periodont Rest Dent 2001;**21**(6):561-567.

73. VERCELLOTTI T, NEVINS ML, KIM DM et coll.

Osseous response following resective therapy with piezosurgery.

Int J Periodont Rest Dent 2005;**25**(6):543-549.

74. VERCELLOTTI T et POLLACK AS.

A new bone surgery device: sinus grafting and periodontal surgery.

Compend Contin Educ Dent 2006;**27**(5):319-325.

75. VLASSIS JM et FUGAZZOTTO PA.

A classification system for sinus membrane perforations during augmentation procedures with options for repair.

J Periodontol 1999;**70**(6):692-699.

76. WALMSLEY AD, LAIRD WR et WILLIAMS AR.

Intra-vascular thrombosis associated with dental ultrasound.

J Oral Pathol 1987;**16**(5):256-259.

VAINER (Fanny). – Apports de la piézochirurgie en chirurgie implantaire et pré-implantaire.
- 106 f. ; ill. ; tabl. ; 76 ref.; 30 cm. (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2007)

RESUME

La piézochirurgie a été développée dans le but de répondre aux difficultés rencontrées en chirurgie osseuse, qui nécessitait encore récemment l'utilisation peu efficace d'une instrumentation polyvalente, parfois même dangereuse.

Le générateur ultrasonore piézoélectrique permet une sélectivité de coupe de l'insert, actif sur les tissus minéralisés et sans dommages sur les tissus mous. Son action micrométrique assure une précision de coupe et une visibilité maximale apportant confort et sécurité à l'opérateur.

La piézochirurgie se présente non seulement comme une nouvelle instrumentation, mais aussi comme une nouvelle technique chirurgicale impliquant de nouveaux protocoles.

Ses applications et ses intérêts en chirurgie implantaire et pré-implantaire seront présentés à travers différents cas cliniques.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Implantologie

DOMAINE BIBLIODENT : Implantologie

MOTS CLES MESH

Chirurgie buccale préprothétique – Transplantation os – Sinus maxillaire – Ultrasons.

Surgery oral preprosthetic – Bone transplantation – Maxillary sinus – Ultrasonics.

MOTS CLES BIBLIODENT

Piézochirurgie – Chirurgie osseuse – Greffe osseuse – Comblement osseux.

JURY

Président : Professeur Laboux O.

Assesseur : Docteur Leborgne S.

Directeur : Docteur Hoornaert A.

Assesseur : Docteur Boix D.

ADRESSE DE L'AUTEUR

1 rue de la Galissonnière – 44000 Nantes

fannyvainer@hotmail.com