

UNIVERSITE DE LILLE

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2019

N°:

THESE POUR LE

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 21 NOVEMBRE 2019

Par Mathilde COCATRIX

Née le 25 février 1994 à Rouen, France

Implants zygomatiques : limites, complications et perspectives

JURY

Président :	Monsieur le Professeur Pascal BEHIN
Assesseurs :	Madame le Docteur Mathilde SAVIGNAT
	Monsieur le Docteur Laurent NAWROCKI
	<u>Madame le Docteur Justine ROHART</u>

Président de l'Université :	Pr. J-C. CAMART
Directeur Général des Services de l'Université :	P-M. ROBERT
Doyen :	E. BOCQUET
Vice-Doyen :	A. de BROUCKER
Responsable des Services :	S. NEDELEC
Responsable de la Scolarité :	M. DROPSIT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
E. DELCOURT-DEBRUYNE	Professeur Emérite Parodontologie
C. DELFOSSE	Responsable du Département d' Odontologie Pédiatrique
E. DEVEAUX	Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES :

K. AGOSSA	Parodontologie
T. BECAVIN	Dentisterie Restauratrice Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Légale.
P. BOITELLE	Prothèses
F. BOSCHIN	Responsable du Département de Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable du Département d' Orthopédie Dento-Faciale Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire
C. CATTEAU	Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
P. HILDEBERT	Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Responsable du Département de Prothèses

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Aux membres du jury

Monsieur le Professeur Pascal BEHIN

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

*Section Réhabilitation Orale
Département Prothèses*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Certificat d'Etudes Supérieures de Biomatériaux Dentaires (Paris V)

Certificat d'Etudes Supérieures de Prothèse Fixée (Paris V)

Docteur en Odontologie de l'Université Paris DESCARTES (Paris V)

Habilitation à Diriger des Recherches (Université de Lille)

Responsable Unité Fonctionnelle de Prothèses

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse et je vous en remercie. Veuillez trouver dans ce travail, l'expression de mon profond respect et de ma plus haute considération.

Madame le Docteur Mathilde SAVIGNAT

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

*Sous-Section Sciences Anatomiques et Physiologiques,
Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique et Radiologie*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie de l'Université de Lille

Master Recherche Biologie Santé, spécialité Physiopathologie et Neurosciences

Responsable de la Sous-Section Sciences Anatomiques et Physiologiques,
Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique et Radiologie

*Vous avez accepté spontanément de faire partie de ce jury.
Vous partagez votre savoir et votre savoir-faire avec une profonde gentillesse.
Soyez assurée de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.*

Monsieur le Docteur Laurent NAWROCKI

Maître de Conférence des Universités –Praticien Hospitalier des CSERD

Sous-Section Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie de l'Université de Lille

Maîtrise en Biologie Humaine

Certificat d'Etudes Supérieures d'Odontologie Chirurgicale

Secrétaire du Collège National des Enseignants de Chirurgie Orale et Médecine Orale

Vice Doyen Relations Intérieures et Extérieures de la Faculté de Chirurgie Dentaire

Chef du Service d'Odontologie du CHRU de LILLE

Coordonnateur du Diplôme d'Etudes Spécialisées de Chirurgie Orale (Odontologie)

Responsable du Département de Chirurgie Orale

*Je vous suis très reconnaissante d'avoir accepté de juger ce travail.
Veuillez trouver dans celui-ci le témoignage de ma plus grande considération.*

*Je vous remercie pour votre disponibilité durant mes études.
Veuillez trouver ici le témoignage de ma gratitude et de mon estime.*

Madame le Docteur Justine ROHART

Docteur en Chirurgie Dentaire

Spécialiste en Chirurgie Orale

Diplôme d'étude spécialisé en Chirurgie Orale (Lille)

Ancien assistant des hôpitaux de Rouen

Praticien hospitalier contractuel

Master Biologie – Santé – Parcours Biomatériaux

Diplôme InterUniversitaire de la pathologie de la muqueuse buccale (Université Montpellier I, Paris VI, François Rabelais de Tours)

*Je suis heureuse que nos routes se soient croisées à Saint Julien et que tu aies
accepté de diriger ce travail malgré une année bien chargée.
Je te remercie de m'avoir confié ce sujet et de m'avoir donné des conseils avisés
tout au long de ce travail.
Je te remercie pour le temps que tu as pu me consacrer, j'espère que cette thèse
sera à la hauteur de tes espérances.
J'espère te compter parmi mes amis après ce travail, reçois ici la preuve de mon
respect et de mon admiration.*

À ma famille, à mes amis

Docteur Moizan, vous avez contribué à rendre mes années en dentaires agréables. Je vous remercie de m'avoir transmis votre passion pour la chirurgie. Votre pédagogie et le partage de vos connaissances m'ont permis d'évoluer dans ce domaine.

Votre bienveillance et votre disponibilité sont des qualités reconnues de tous. Merci d'avoir contribué à l'élaboration de cette thèse.

« L'échec est le fondement de la réussite. »

(Lao Tseu)

Table des matières

1	Introduction	18
2	Apport des implants zygomatiques dans les maxillaires atrophiques	19
2.1	Généralités maxillo-faciales	19
2.1.1	Structures anatomiques	19
2.1.1.1	Os maxillaire	19
2.1.1.2	Sinus maxillaire	20
2.1.1.3	Os zygomatique ou os malaire	20
2.1.1.3.1	Sa structure	21
2.1.1.3.2	Son contenu	21
2.1.2	Pertes de substance du maxillaire	21
2.2	Spécificité des implants zygomatiques	23
2.2.1	Présentation des caractéristiques d'un implant zygomatique	23
2.2.2	Indications et contre-indications	26
2.2.2.1	Indications	26
2.2.2.2	Contre-indications	26
2.2.2.2.1	Contre-indications absolues	26
2.2.2.2.2	Contre-indications relatives	27
2.2.3	Avantages	27
2.2.4	Description du protocole chirurgical conventionnel : la méthode de Brånemark	28
2.2.5	Réhabilitation prothétique	40
2.2.5.1	Mise en charge immédiate	40
2.2.5.2	Prothèse définitive	42
2.2.6	Inconvénients	44
3	Limites et complications	45
3.1	Limites anatomiques	45
3.1.1	Obstacles anatomiques	45
3.1.2	Atrophie de l'os zygomatique	45
3.1.3	Ouverture buccale limitée	47
3.2	Complications per-opératoires	48
3.2.1	Perforation du plancher de l'orbite et pénétration de l'orbite	48
3.2.2	Effraction dans la fosse infra-temporale	53
3.2.3	Pénétration intra-cérébrale	55
3.2.4	Perforation de la membrane sinusienne	56
3.2.5	Lacération de la lèvre ou du lambeau	57
3.2.6	Lésions hémorragiques	58
3.3	Complications chirurgicales post-opératoires	60
3.3.1	Œdème post-opératoire	60
3.3.2	Hématome facial	61
3.3.3	Lésions nerveuses	64
3.3.4	Fenestration de la corticale vestibulaire de l'os zygomatique	65
3.3.5	Sinusites aiguës et chroniques	68
3.3.6	Fistules et communications bucco-sinusiennes	69
3.3.7	Fracture de l'os zygomatique	72
3.3.8	Ostéite de l'os zygomatique	73
3.4	Complications implantaire	74
3.4.1	Inflammation gingivale autour des implants	74

3.4.2	Échec d'ostéointégration et désostéointégration	76
3.5	Complications prothétiques	78
3.6	Incidence des complications liées aux implants zygomatiques.....	82
4	Évolution des modalités opératoires et perspectives.....	83
4.1	Influence des techniques chirurgicales.....	83
4.1.1	La technique de Stella et Warner dite « sinus slot »	83
4.1.1.1	Méthode	83
4.1.1.2	Avantages – Inconvénients.....	85
4.1.2	La technique « exteriorized » ou extra-sinus ou extra-maxillaire	86
4.1.2.1	Méthode	86
4.1.2.2	Avantages – Inconvénients.....	89
4.1.2.3	Taux de survie	91
4.2	Influence du profil anatomique	93
4.2.1	La classification « ZAGA » : Zygoma Anatomy Guided Approach.....	93
4.2.2	Les travaux de mesure de « BIC » : Bone-to-Implant Contact.....	99
4.3	Apport des nouvelles technologies.....	100
4.3.1	Les techniques « flapless » ou « computer-guided »	100
4.3.1.1	La technique micro-invasive avec guide chirurgical personnalisé	100
4.3.1.1.1	Méthode.....	101
4.3.1.1.2	Avantages.....	102
4.3.1.1.3	Inconvénients	102
4.3.1.2	La technique dite « computer-guided ».....	104
4.3.1.2.1	Méthode.....	105
4.3.1.2.2	Avantages.....	108
4.3.1.2.3	Inconvénients	108
5	Conclusion	110
	Références bibliographiques	111
	Table des illustrations.....	120
	Annexe 1	124
	Illustration : Réhabilitation prothétique fixée implanto-portée par implants	
	zygomatiques.	124
	Annexe 2	134
	Tableau récapitulatif de la classification ZAGA	134

1 Introduction

Le concept de l'ancrage zygomatique a été développé dans les années 1990, grâce au Pr. Brånemark, initialement pour la reconstruction maxillo-faciale et les réhabilitations prothétiques complexes après des délabrements importants, notamment dans des cas de cancers de la sphère oro-faciale. L'indication des implants zygomatiques s'est ensuite étendue aux patients édentés totaux ou partiels insatisfaits de leur prothèse amovible (réflexes nauséux, instabilité, inconfort...), présentant une atrophie sévère de l'os maxillaire. En raison de l'allongement de l'espérance de vie, un nombre croissant de personnes âgées, ayant un passé de port de prothèse amovible depuis plusieurs décennies sont candidats à ces réhabilitations de derniers recours. Parallèlement à cela, les praticiens sont et seront confrontés à une incidence de plus en plus importante d'échecs implantaires chez des patients porteurs d'implants conventionnels.

Les implants zygomatiques constituent aujourd'hui une alternative aux greffes pré-implantaires permettant d'aboutir à des réhabilitations prothétiques fixes implanto-portées en réduisant significativement les durées de traitement et la morbidité des prélèvements osseux.

Cependant la mise en place chirurgicale des implants zygomatiques est une technique difficile, rigoureuse dont la connaissance et la gestion des complications sont indissociables.

Au cours de ce travail, après avoir effectué un rappel du protocole chirurgical des implants zygomatiques, nous verrons quelles sont les principales limites et complications pouvant être rencontrées dans l'implantologie zygomatique et la manière dont nous pouvons prévenir et gérer ces complications.

La dernière partie mettra en exergue l'évolution des techniques chirurgicales, leurs avantages et inconvénients afin d'obtenir un gain de sécurité, une diminution de la survenue des complications et une amélioration du taux de survie implantaire.

2 Apport des implants zygomatiques dans les maxillaires atrophiques

La principale difficulté des pertes de substance maxillaire réside dans la complexité et la variabilité des situations cliniques.

2.1 Généralités maxillo-faciales

2.1.1 Structures anatomiques

L'implant zygomatique intéresse plusieurs structures de la face : l'**os zygomatique** et l'**os maxillaire**, contenant le **sinus maxillaire**.

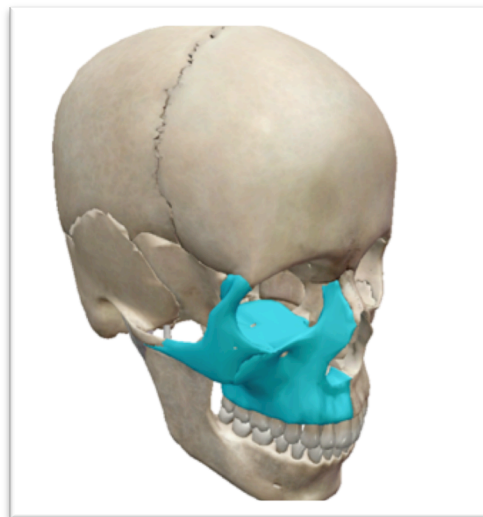


Figure 1 : Localisation anatomique des os maxillaire et os zygomatique [2]

2.1.1.1 Os maxillaire

L'os maxillaire est un os pair et symétrique. Il forme, en s'articulant à son homologue la mâchoire supérieure.

À la jonction des surfaces antérieure, supérieure et orbitaire, le *processus zygomatique*, de forme triangulaire s'articule à l'os zygomatique.

La surface antérieure qui se dirige vers l'avant et les côtés présente une série d'éminences inférieures, qui correspondent à la position des racines des dents.

Le *processus palatin* forme une partie du palais dur [1,2].

2.1.1.2 Sinus maxillaire

Il est situé au sein du corps de l'os maxillaire et s'étend du processus zygomatique de l'os maxillaire à la paroi latérale du nez. Il s'agit d'une grande cavité en forme de pyramide, de volume variable, et aux parois minces.

2.1.1.3 Os zygomatique ou os malaire

L'os zygomatique, est un os pair et non symétrique. Il a une forme irrégulière avec une surface arrondie et il forme le relief de la pommette. Il s'articule avec les os du massif facial via trois processus :

Son **processus orbitaire** rejoint la surface orbitaire du maxillaire et la grande aile du sphénoïde pour former une partie du plancher et de la paroi latérale de l'orbite.

Son **processus frontal** s'articule avec le processus zygomatique de l'os frontal en délimitant le rebord externe de l'orbite.

Le **processus temporal** horizontal de l'os zygomatique se dirige en arrière pour s'articuler avec le processus zygomatique de l'os temporal et former ainsi l'arcade zygomatique.

Le foramen zygomatiko-facial est visible sur la surface latérale de l'os zygomatique [2,4].

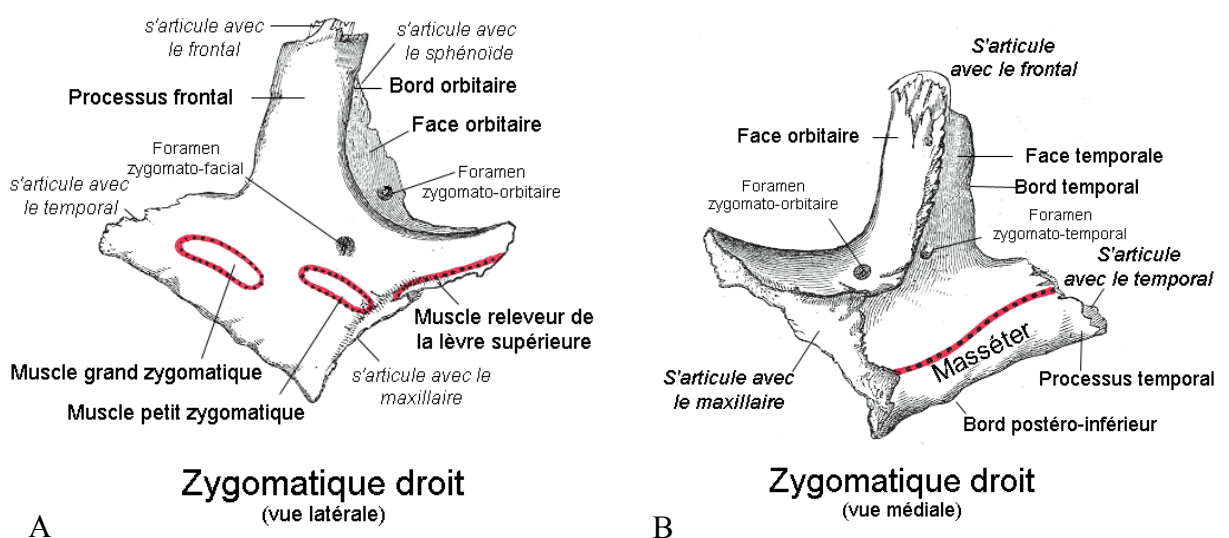


Figure 2 : (A) : Vue latérale d'un os zygomatique droit [3] – (B) : Vue médiale d'un os zygomatique droit [3]

2.1.1.3.1 Sa structure

C'est un os cortical épais et très dense, de 1 à 2 millimètres d'épaisseur. Sa densité varie dans le sens antéro-postérieur de manière croissante, et son architecture osseuse est dite haversienne. L'os est entouré d'une corticale, tissu osseux dense permettant un ancrage solide des implants [5].

2.1.1.3.2 Son contenu

L'os zygomatique est traversé transversalement par le pédicule temporo-zygomatique.

Le nerf temporo-zygomatique est une branche du rameau orbitaire du nerf maxillaire (V2). Il se sépare et donne une branche antérieure apportant l'innervation sensitive et sympathique à la peau de la pommette ; et une branche postérieure apportant également l'innervation sensitive et sympathique de la peau de la zone temporale antérieure [2].

2.1.2 Pertes de substance du maxillaire

Contrairement à la mandibule constituée d'une enveloppe corticale épaisse entourant une structure spongieuse, le maxillaire est essentiellement constitué d'une structure osseuse corticale peu épaisse, alvéolée.

La résorption osseuse alvéolaire survient inévitablement de manière physiologique après l'avulsion des dents. Bien que le remodelage osseux soit plus important dans le premier mois suivant une avulsion, la perte osseuse se poursuit tout au long de la vie. Au maxillaire, outre les phénomènes de résorption centripète, la procidence sinusienne liée à la pneumatisation du sinus entraîne une diminution de la hauteur crestale résiduelle.

Il existe de très nombreuses classifications concernant la résorption osseuse.

Parmi celles-ci :

La classification de Cawood et Howell [6]

Elle montre qu'après la perte des dents, la partie basale reste stable alors que la partie alvéolaire se réduit de manière significative avec l'ancienneté de l'édentement. Cette perte osseuse est prédictible en hauteur et en largeur que l'on soit au maxillaire ou à la mandibule, mais varie en fonction du lieu de l'édentement (maxillaire ou mandibule) et du secteur (antérieur ou postérieur).

Classe I : Patient denté.

Classe II : Situation post-extractionnelle immédiate.

Classe III : Crête arrondie avec hauteur et largeur suffisantes.

Classe IV : Procès alvéolaire en lame de couteau, hauteur adéquate et largeur insuffisante.

Classe V : Crête plate (perte des procès alvéolaires), hauteur et largeur insuffisantes.

Classe VI : Crête concave avec perte tissulaire au niveau de l'os basal.

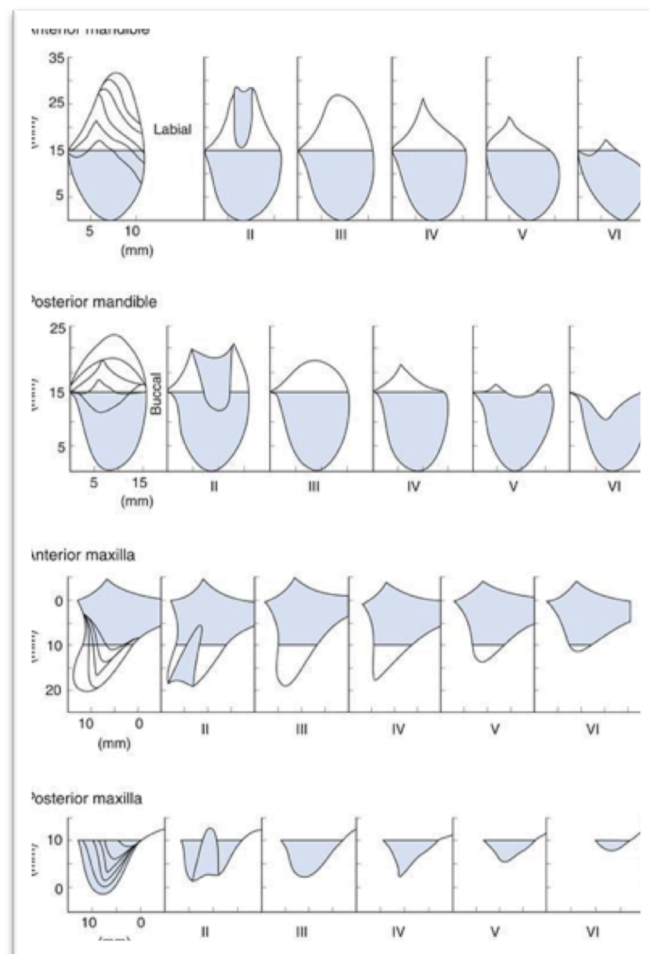


Figure 3 : Classification de Cawood et Howell [6]

D'autres étiologies sont responsables de pertes de substance au maxillaire :

- les **maladies parodontales**, les **infections d'origine endodontique** [7],
- les **pertes de substances congénitales** : les Fentes Labio-Avéolo-Palatines (FLAP),
- les **traumatismes** liés entre autres à des accidents de la voie publique [8], accidents balistiques [9] et traumatismes par objet contondant,
- les **chirurgies d'exérèse de tumeur** [10] (maxillectomie) ou d'**ostéonécrose** [11] (radiothérapie, anti-résorptifs osseux),
- les **autres causes possibles de nécrose** des maxillaires : l'aspergillose, la syphilis, la tuberculose, le Noma, la maladie de Wegener, la prise de cocaïne.

2.2 Spécificité des implants zygomatiques

2.2.1 Présentation des caractéristiques d'un implant zygomatique

L'implant zygomatique a été mis au point par l'équipe du Professeur Brånemark, à Göteborg en Suède au sein de la société *Nobel/Biocare*®, en 1988, sous le nom de *Brånemark SystemZygoma*®. Actuellement, d'autres laboratoires produisent des implants zygomatiques, on peut notamment citer *Southern Implants*®, *Neodent*®, *A.S Technology*®, *Brånemark Integration A.B*, *S.I.N Implant system*® et *Dentoflex*®.

Actuellement, trois types de surfaces sont disponibles :

- **Surface lisse usinée** : *Zygoma with machined surface*® (fabriqué en alliage de titane pur traité à froid)
- **Surfaces rugueuses** : *Zygoma TiUnite*® obtenue par oxydation électrochimique avec des spires sur l'ensemble de l'implant [12,13] ou le *NobelZygoma*® avec des spires uniquement au niveau apical.



Figure 4 : Différents états de surface des implants zygomatiques - Guide NobelBiocare

Le *NobelZygoma*® sera privilégié dans les cas d'implantation avec mise en charge immédiate, puisqu'il présente une conicité apicale plus importante que le *TiUnite*® offrant une meilleure stabilité primaire.

Forme générale : [5,14]

Nous nous intéresserons à la description des implants proposés par *NobelBiocare*® : **l'implant NobelZygoma 45°** et **l'implant NobelZygoma 0°**

Ce sont des implants de forme cylindro-conique à deux étages (bi-diamètre). Le type de connexion implantaire est une connexion hexagonale externe.

Deux types d'angulation de la tête implantaire sont actuellement disponibles chez *NobelBiocare*®:

L'implant NobelZygoma 45° a une extrémité coronaire de 4,1 mm de diamètre, émergeant au niveau de deuxième prémolaire/première molaire. Il permet de compenser l'angulation entre le maxillaire et le zygoma afin d'être parallèle au plan d'occlusion.

Dans le but de correspondre à l'anatomie de l'os zygomatique et de préserver l'os, son extrémité apicale est plus fine et présente un diamètre de 3,9 mm permettant de maximiser l'ancrage dans l'os alvéolaire. Les piliers MultiUnit seront droits ou angulés à 17°.

L'implant NobelZygoma 0° a une extrémité apicale plus large (5 mm). Il est considéré comme un implant de «rattrapage», en cas de stabilité primaire de l'implant NobelZygoma 45° insuffisante. L'absence d'angulation permet une mise en place sans porte-implant offrant ainsi une manipulation plus aisée lors de la pose implantaire.

Les piliers MultiUnit seront angulés à 45° ou 60°.



Figure 5 : Implants NobelZygoma 45° et 0° - Guide NobelBiocare

D'autres formes d'implants existent sur le marché avec des degrés d'angulation de la tête et des piliers différents, allant de 25 à 55°.

De nombreuses longueurs implantaire existent afin de s'adapter aux exigences anatomiques : 30 ; 35 ; 40 ; 42, 5 ; 45 ; 47, 5 ; 50 ; 52,5 mm.

2.2.2 Indications et contre-indications

2.2.2.1 Indications

Initialement, les implants zygomatiques étaient utilisés lors des reconstructions des défauts maxillaires après **résection tumorale** bénigne ou maligne ou lors de **défauts osseux d'ordre congénital** comme les dysplasies ectodermiques associant les oligodonties ou les fentes labio-palatines [15].

Aujourd'hui, ils sont indiqués chez le patient denté en situation pré-terminale (pour extraction/implantation immédiate) ou édenté total avec une résorption sévère du maxillaire postérieur (classe IV à VI de la classification Cawood et Howell).

Ils sont également indiqués **après échec implantaire** ayant entraîné une résorption de l'os alvéolaire avec impossibilité de mise en place d'implants conventionnels.

Ils constituent une **alternative aux greffes** et sont donc indiqués en première intention lors du refus du patient d'un traitement alternatif par méthodes traditionnelles (autogreffe osseuse avec pose d'implants conventionnels) ou après l'échec ou contre-indication de greffes osseuses (onlay ou sinus lift) [5,15].

2.2.2.2 Contre-indications

2.2.2.2.1 Contre-indications absolues

- Patient à risque d'endocardite infectieuse,
- Patient avec valvulopathie ou insuffisance cardiaque sévère,
- Patient traité par anti-résorptifs osseux injectables (risque d'ostéochimionécrose),
- Patient atteint de cancer en situation palliative,
- Patient atteint de maladies responsables d'immunodépression sévère,
- Patient ayant subi une radiothérapie de la sphère oro-faciale avec des doses supérieures à 60 Gy (risque d'ostéoradionécrose).

2.2.2.2.2 Contre-indications relatives

Générales

- Diabète de type I ou II non équilibré ou non traité,
- Insuffisance rénale ou hépatique,
- Tabagisme / Alcoolisme / Toxicomanie,
- Grossesse,
- Prise d'anti-résorptifs osseux par voie orale,
- Pathologie affectant la crase sanguine (avis hématologue).

Locales [16]

- Rhino-sinusite chronique ou aigue (consultation ORL pour mise en place d'un traitement médical et/ou chirurgical),
- Imperméabilité de l'ostium du sinus maxillaire,
- Polypes sinusiens,
- Décalage squelettique maxillo-mandibulaire (risque de cantilever),
- Absence de motivation et/ou compréhension sur l'intérêt du maintien d'une bonne hygiène bucco-dentaire, du suivi et de la maintenance implantaire.

2.2.3 Avantages

L'implantologie zygomatique est une **alternative aux procédures de greffes d'apposition osseuse ou de comblement de sinus** et présente des avantages non négligeables :

Elle **élimine la morbidité liée à la notion de rejet et les risques de complications secondaires potentielles** [17] (déficits nerveux, lésions cicatricielles, infection post-opératoires et perturbation de la marche) du site donneur dans le cadre de greffes osseuses autogènes extra-orales comme les prélèvements pariétaux ou iliaques.

Une prise en charge en **un seul temps chirurgical** permet de limiter la durée du traitement [18] : quelques jours contre plusieurs mois nécessaires pour les greffes osseuses, qui nécessitent un délai pour la cicatrisation du greffon et une réintervention pour la mise en place des implants.

La **mise en charge immédiate** est possible grâce à une stabilité primaire importante obtenue grâce à l'utilisation de quatre portions d'os cortical : os alvéolaire / mur latéral maxillaire / os zygomatique (entrée et sortie).

Le temps de latence entre la chirurgie et la réhabilitation orale est réduit, **facilitant la réinsertion sociale et professionnelle** [5].

2.2.4 Description du protocole chirurgical conventionnel : la méthode de Brånemark

Un **bilan pré-implantaire** sera à établir avant d'envisager la pose des implants et afin d'assurer le succès de la chirurgie.

Il comprend :

- **L'anamnèse**, afin de connaître l'état de santé générale, connaître les éventuelles contre-indications absolues ou relatives (éliminer le risque sinusien), évaluer la coopération et la psychologie du patient,

- **L'examen clinique** [19] :

- *Examen exobuccal* :

- **Examen visuel de face et de profil** afin d'apprécier le **profil et les contours faciaux** (*symétrie faciale* par rapport à la ligne médiane et à la ligne bipupillaire et bicommissurale, *l'harmonie des trois étages de la face*, les *décalages squelettiques* dans les sens sagittal et transversal).

-*Examen endobuccal* :

- Analyse de **l'ouverture buccale**.
- **Bilan parodontal** : il concerne les édentés partiels. La maladie parodontale est un facteur de risque pour le traitement implantaire. Avant de débiter la chirurgie, un assainissement parodontal sera à réaliser.
- **Examen des tissus mous péri-implantaires** : des muqueuses et des crêtes. Il donne une indication sur le volume osseux résiduel, sur les décalages squelettiques et sur la symétrie.
- Analyse de la **position du bord incisif**, de **l'espace prothétique**, de la **ligne du sourire**, du **soutien de la lèvre**, et de la **zone de transition** pour la conception de la future prothèse. La zone de transition est mesurée en

faisant sourire le patient, si la crête osseuse est visible, il faudra effectuer une résection osseuse durant la chirurgie, pour permettre une prothèse esthétique et convexe.



Figure 6 : illustration de la zone de transition (ligne bleue) – Dr Guiol

- **L'examen radiologique**, il permet de déterminer le volume osseux résiduel (volume et densité), afin de valider la comptabilité avec le projet prothétique, et choisir la position des implants :

- Une **radiographie panoramique**,
- Un **CBCT** ou **scanner maxillaire** [20].

Phase chirurgicale :

- **Anesthésie**

Dans de très nombreuses situations, les implants zygomatiques sont posés sous anesthésie générale. Une infiltration locale adrénalinée en complément permet de réduire le saignement et diminuer les douleurs post-opératoires.

La pose d'implants zygomatiques peut également être réalisée sous anesthésie locale associant une sédation orale ou intraveineuse lorsque le confort du patient peut être obtenu (intervention de moins d'une heure et demie et expérience du chirurgien) [20,22,23].

- **Incision**

Initialement, une incision vestibulaire haute correspondante à une ostéotomie type Lefort 1 était pratiquée afin d'aborder plus aisément la face externe de l'os zygomatique [20]. Des incisions de décharges verticales le long de la crête infra-

zygomatique étaient tout de même nécessaires pour mieux exposer le maxillaire et l'os zygomatique. L'inconvénient de ce type d'incision est la difficulté de réaliser les forages dans la partie crestale ainsi qu'un risque de déhiscence le long du tracé d'incision avec l'invagination des tissus mous le long des implants.

L'incision crestale légèrement déportée en palatin étendue de molaire à molaire a été décrite plus récemment. Elle permet de faciliter le forage implantaire dont les émergences sont très souvent palatines.

Comme pour l'incision de type Lefort 1, il faudra réaliser des incisions de décharge verticales, le long des cintres maxillo-zygomatiques pour faciliter le décollement et gagner en visibilité [20,22].

- **Décollement**

Le décollement est d'épaisseur totale, muco-périostée. Toute la surface de l'os maxillaire doit être exposée [22].

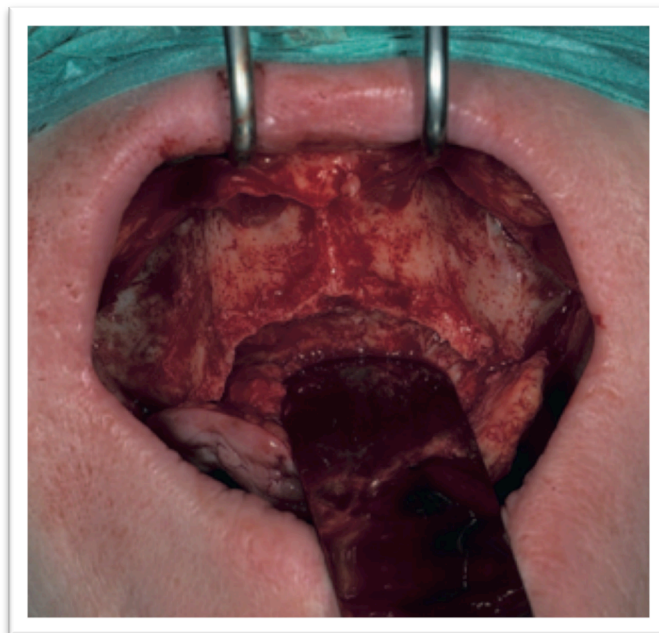


Figure 7 : Vue clinique après élévation des lambeaux - exposition de la crête et du palais dur [24]

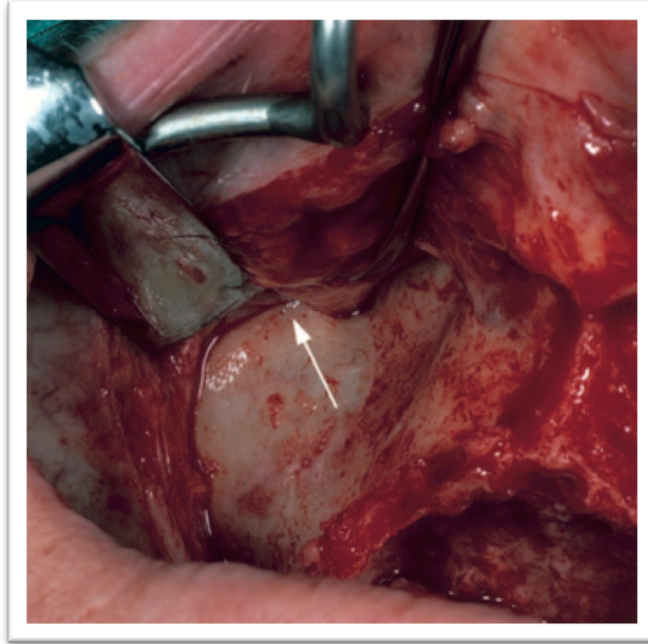


Figure 8 : Vue clinique de la surface latérale du maxillaire exposé. Le foramen infra-orbitaire est identifié à droite de la flèche [24]

Ensuite, le décollement est prolongé en haut et en dehors, jusqu'à la face latérale de l'os zygomatique mettant en évidence le foramen zygomatiko-facial [25], et jusqu'aux processus frontal et temporal de l'os zygomatique afin de contrôler l'axe implantaire et éviter la perforation du plancher orbitaire durant le forage [22].

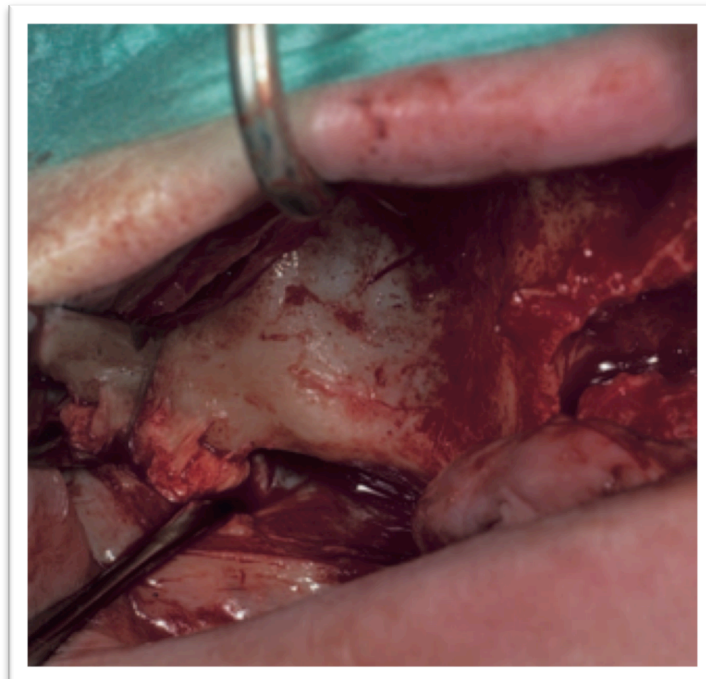


Figure 9 : Exposition de l'os zygomatique : corps et arcade [24]

Il faudra également veiller à ne pas décoller trop largement l'os zygomatique dans sa partie postéro-inférieure, siège de l'insertion du muscle masséter afin d'éviter la section des fibres musculaires qui pourrait entraîner un saignement important.

La muqueuse palatine est également décollée pour éviter toute interférence pendant la phase de forage. Lorsque cela est nécessaire et en fonction de la morphologie des procès alvéolaires résiduels, la régularisation de la crête est réalisée à l'aide d'une pince gouge et d'instruments rotatifs pour éliminer les épines osseuses [20].

- **Accès sinusien avec fenestration** [20-22,24]

Une fenêtre osseuse est ensuite réalisée dans la paroi latérale du sinus, avec une fraise boule ou un piézotome.

La membrane sinusienne est exposée, réclinée et conservée intacte, grâce à un décolleur mousse.

La fenêtre crée un accès visuel et permet de suivre la progression des forets et des implants, et ainsi de limiter les risques de lésion du plancher orbitaire et de fausses routes dans les tissus sous-cutanés.

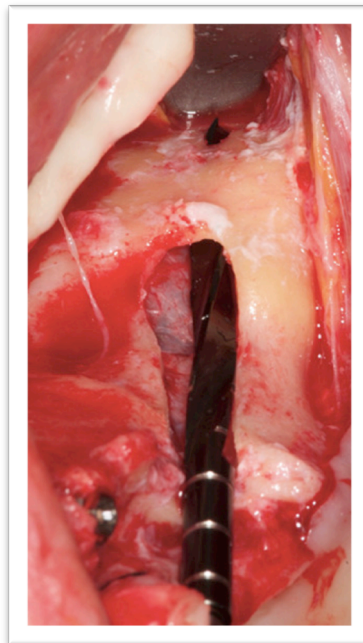


Figure 10: Vue clinique après ouverture de la fenêtre sinusienne – Dr Guiol

- **Forage [24]**

Le forage débute à la fraise boule. Il est réalisé au niveau du palais en prenant soin de le situer le plus près possible du sommet de la crête. C'est une phase délicate car ce point d'entrée maxillaire va déterminer en grande partie le point de sortie devant se trouver le plus haut possible dans l'os zygomatique. Des paramètres anatomiques tels qu'un os zygomatique peu épais, ou une concavité prononcée de la face externe du sinus, peuvent influencer sur l'émergence maxillaire implantaire. On veillera à maintenir le maximum de tissu osseux autour de cette émergence implantaire. On ne cherche pas ici à obtenir un ancrage implantaire dans la partie crestale. Le volume osseux palatin préservé permet principalement de limiter les risques de communications bucco sinusiennes et les fistules oro-antrales [13].

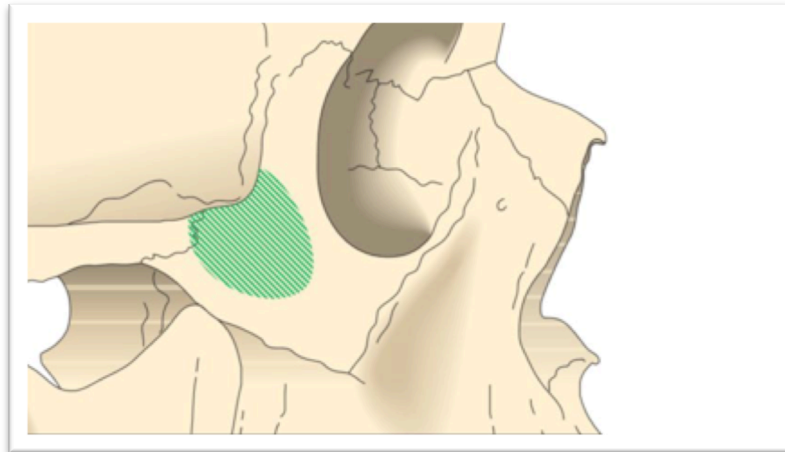


Figure 11 : Zone terminale de forage sur l'os zygomatique – Guide NobelBiocare

Le trajet de l'implant est rectiligne. Il débute par la crête maxillaire, puis passe à travers le sinus et vient ensuite perforer la corticale de l'os zygomatique, au niveau de l'incisure, entre la surface médiale du processus frontal de l'os zygomatique et l'arcade zygomatique.

Dans la situation d'un cas dit « *Hybride* », avec deux implants antérieurs conventionnels et un implant zygomatique sur chaque héli-arcade, la position des implants zygomatiques devra être la plus postérieure possible ; la tête de l'implant la plus proche possible de la crête, au niveau de la deuxième prémolaire.

Dans la situation d'un cas dit « *Quad Zygoma* », deux implants zygomatics sont placés sur chaque héli-arcade avec une émergeance implantaire en regard de la deuxième prémolaire et de l'incisive latérale. Il s'agit d'une situation où les implants antérieurs conventionnels ne peuvent être posés du fait d'un défaut osseux important du prémaxillaire [26,27].

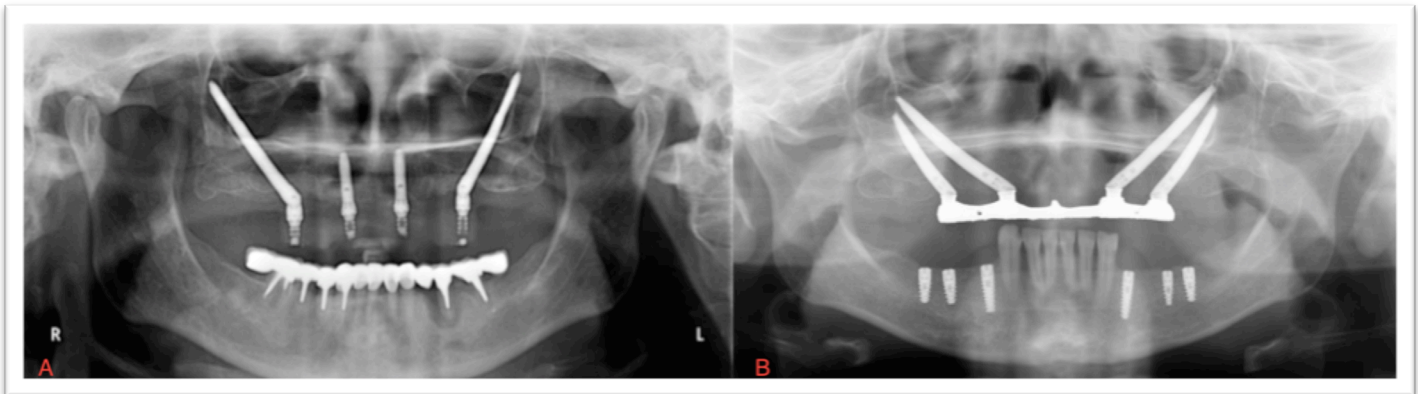


Figure 12 : (A) : Illustration de la technique "Hybride". (B) : illustration de la technique "Quad Zygoma" [27]

La séquence de forage est la suivante [13] :

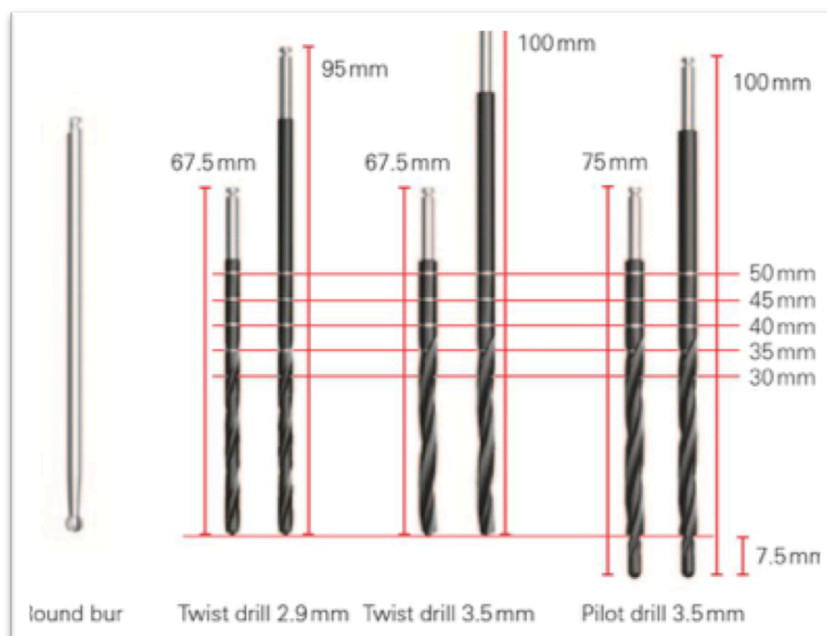


Figure 13 : Séquence de forage – Guide NobelBiocare

o Une **fraise boule de 2,9 mm de diamètre** (carbure de tungstène).

Elle sert au marquage du point de forage sur la crête, en palatin. Ce point est déterminé en tenant compte de l'anatomie du maxillaire, du sinus, de l'os zygomatique, selon la position des structures à risque, et selon l'orientation du grand axe de l'implant.

Elle permet un premier forage, à travers la crête maxillaire, jusqu'au plancher du sinus. La fenêtre osseuse permet de vérifier la trajectoire intra-sinusienne de la fraise boule.



Figure 14 : Pointage de la crête maxillaire à la fraise boule – Dr Guiol

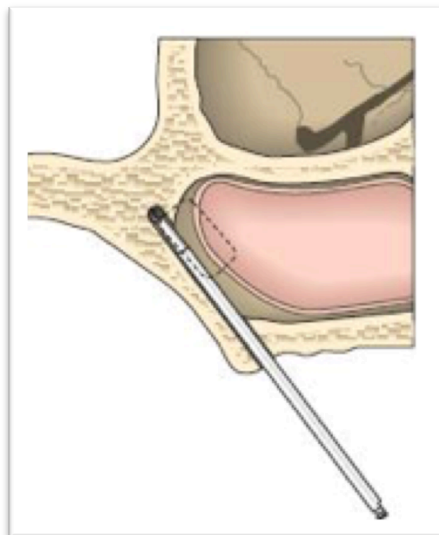


Figure 15 : Trajet de la fraise boule – Guide NobelBiocare

o Un **foret twist drill de 2,9 mm de diamètre** (normal 95mm et court 67,5mm).
Son passage permet l'effraction de la corticale externe de l'os zygomatique.

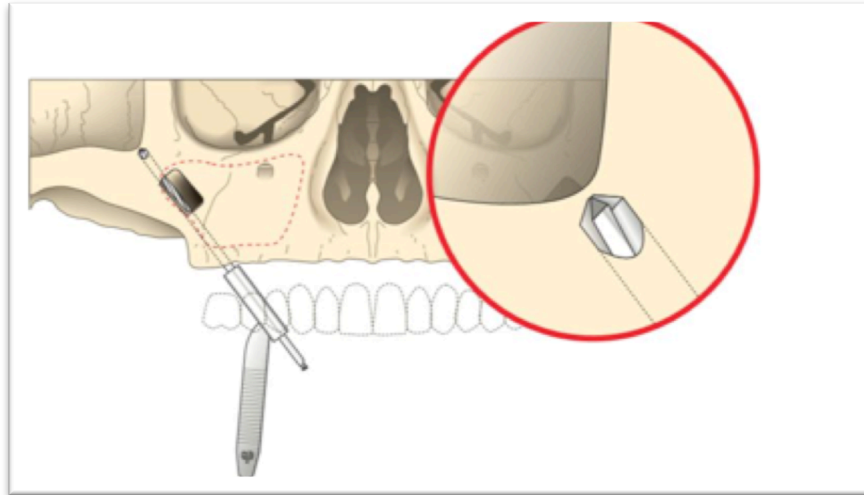


Figure 16 : Effraction de la corticale externe de l'os zygomatique – Guide NobelBiocare

Après le passage du premier foret, la profondeur du forage de l'implant et son axe sont validés à l'aide d'une jauge.

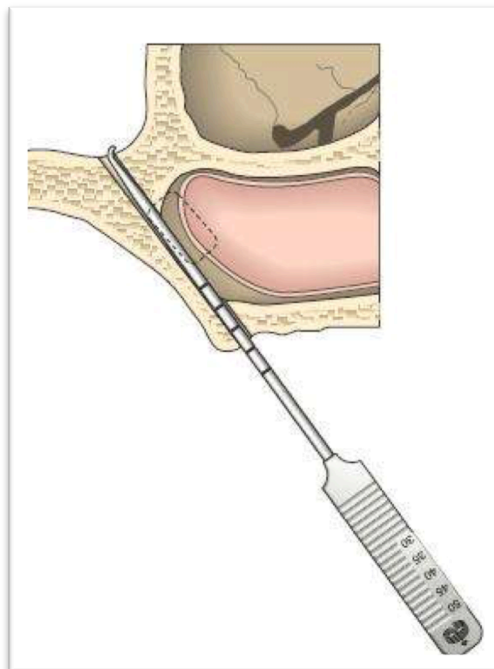


Figure 17: Mesure de la longueur exacte des implants à l'aide d'une jauge – Guide NobelBiocare

o Un **foret twist drill de 3,5 mm de diamètre** (normal 100mm et court 67,5mm).
Son extrémité à bout mousse permet de conserver la trajectoire implantaire en engageant le foret sans contrainte et permet d'élargir le précédent forage jusqu'au 2/3 de l'implant zygomatique.

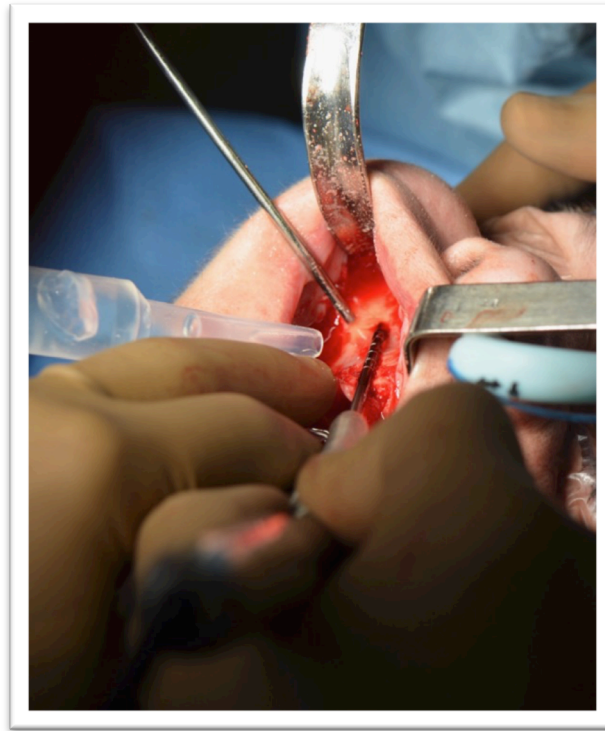


Figure 18 : Passage du foret 3,5 pilote – Dr Guiol

o Un **foret terminal pilot drill de 3,5 mm de diamètre** (normal 100mm et court 75mm). Il permet d'élargir le dernier 1/3 implantaire et doit ressortir dans sa partie terminale de l'os zygomatique.

o Un **foret facultatif de 4 mm de diamètre** pour l'os alvéolaire si nécessaire.

Pour pallier à la limitation d'ouverture buccale de certains patients, les forets existent en deux longueurs différentes.

Les forets sont équipés de « drill guards » afin de préserver les tissus mous (lèvre et lambeau).

Le forage se fait sous irrigation constante avec une vitesse lente ne dépassant pas 2000 rpm. Un rinçage abondant à l'aide d'une seringue remplie de sérum physiologique est nécessaire entre chaque passage de foret, l'irrigation par l'embout du contre-angle n'étant pas suffisante.

- **Pose de l'implant :**

On détermine la longueur de l'implant grâce à une jauge. L'extrémité de l'implant doit affleurer la surface de l'os zygomatique sans la dépasser.

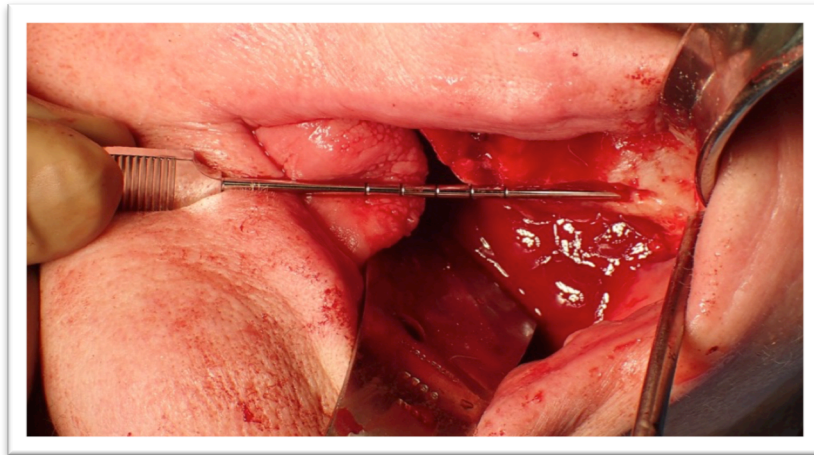


Figure 19 : Jauge de profondeur inclinée pour mesurer la longueur exacte des implants – Dr Guiol

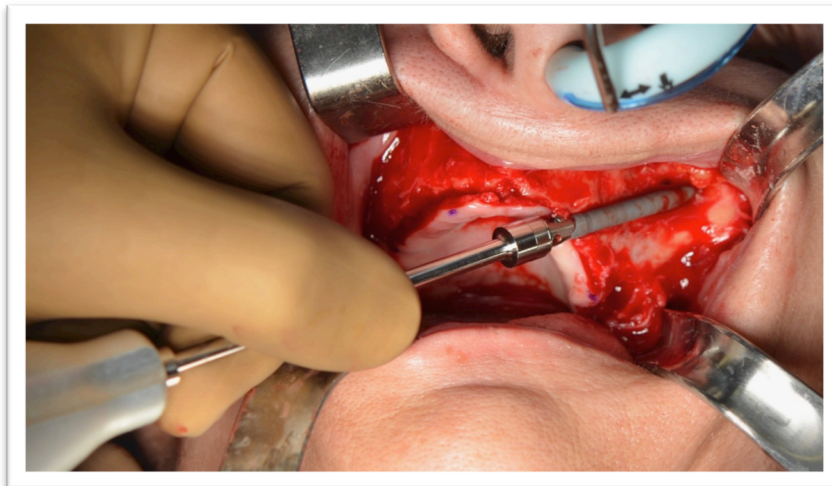


Figure 20 : Mise en place de l'implant manuelle, à l'aide du tournevis – Dr Guiol

Une pièce à main chirurgicale sur laquelle est montée le porte-implant adapté est nécessaire. Elle est réglée à une vitesse de 15 à 20 tours/min et à un torque de 35N/cm.

Un tournevis permet de terminer la pose de l'implant jusqu'à la profondeur souhaitée.

Le sommet hexagonal angulé de la tête implantaire doit être parallèle au plan d'occlusion.

- **Mise en place des piliers [13]**

Après la mise en place des implants et selon leurs positions, les piliers multi-unit sont mis en place. Ils sont connectés puis serrés manuellement, à 30N/cm pour les piliers droits et 15N/cm pour les piliers angulés.

Un pilier droit de 3 ou 5mm est utilisé si la tête de l'implant est parallèle à la crête et angulé à 45°. Sinon l'axe est rattrapé grâce à un pilier angulé de 17° de 2mm ou 3 mm.

Pour une tête d'implant droite (0°), les piliers multi-unit angulés à 45° ou 60° seront utilisés, de longueur 6 à 10 mm.

Devant l'impossibilité d'une mise en charge immédiate (stabilité primaire insuffisante par exemple), des vis de couverture seront mises en place puis recouvertes par le lambeau.

Si la mise en charge immédiate est possible, des capuchons de cicatrisation sont mis en place sur les piliers multi-unit pendant la durée de confection prothétique.

- **Sutures [24]**

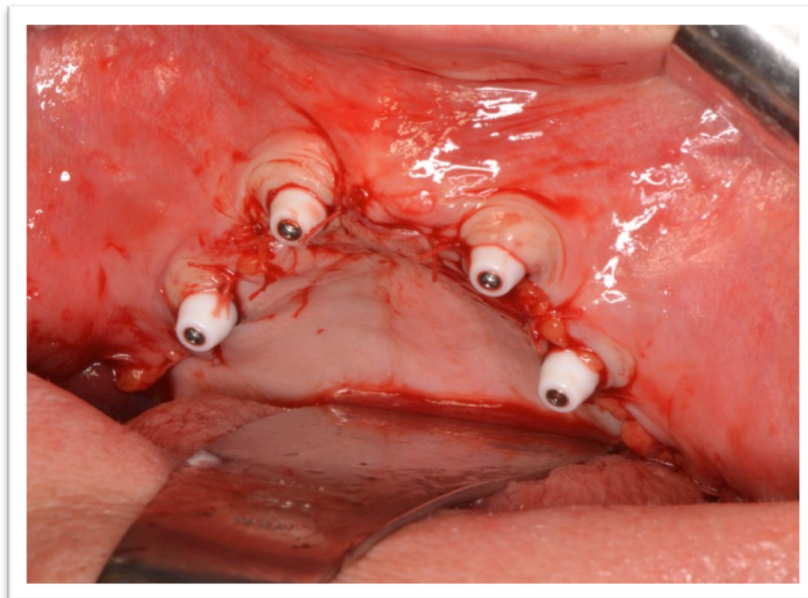


Figure 21 : Sutures réalisées autour des capuchons de cicatrisation – Dr Guiol

Les lambeaux sont suturés au fil résorbable ou non, par des points simples ou matelassiers.

2.2.5 Réhabilitation prothétique

2.2.5.1 Mise en charge immédiate

La prothèse sur implants zygomatiques sera réalisée comme une prothèse implantaire complète transvissée maxillaire.

La possibilité de mise en charge immédiate est liée à la stabilité primaire des implants. Ce type de réhabilitation prothétique n'est pas possible dans chaque cas mais le sera dans la majorité grâce à la densité importante de l'os zygomatique et grâce à l'ancrage osseux étendu.

La mise en charge immédiate se fait grâce à l'ancienne prothèse complète, si celle-ci respecte différents critères : la fonction doit être correcte, elle doit être stable et adaptée (occlusion et esthétique corrects), sinon une nouvelle prothèse amovible complète est réalisée avant la chirurgie.



Figure 22 : Enregistrement de la position des capuchons, décharge de la prothèse en regard des zones d'interférences – Dr Guiol

Temps clinique :

La prothèse amovible est évidée en regard des émergences implantaire matérialisées par les capuchons de cicatrisation.

Les capuchons de cicatrisation sont ensuite remplacés par des piliers provisoires. Les piliers doivent passer sans interférences au niveau des trous réalisés dans la prothèse.



Figure 23 : Mise en place des piliers provisoires sur les implants - vérification de la passivité des piliers – Guide NobelBiocare

Après avoir protégé le site chirurgical, on injecte de la résine autour des piliers provisoires pour solidariser les piliers provisoires avec la prothèse. Au préalable les piliers provisoires peuvent être solidarisés entre eux.

Après la prise de la résine, on dévisse les piliers provisoires qui sont emportés dans la prothèse. Les capuchons de cicatrisation sont remis en place.



Figure 24 : Solidarisation des piliers provisoires à la prothèse – Guide NobelBiocare

Temps de laboratoire :

Des analogues de piliers multi-unit sont mis en place sur les piliers provisoires. Un modèle en plâtre est coulé.

Les piliers provisoires dépassant de l'extrados sont sectionnés. Un renfort métallique peut être ajouté aux piliers provisoires afin de les solidariser et diminuer ainsi les risques de fracture du bridge provisoire. La prothèse est évidée au niveau palatin, vestibulaire et distal pour transformer la prothèse en bridge. La prothèse est polie puis transvissée sur les piliers multi-units.

2.2.5.2 Prothèse définitive

Quel que soit le type de mise en charge, immédiate ou retardée, la conception de la prothèse définitive sera la même.

L'ostéointégration des implants et la cicatrisation des tissus mous doivent être contrôlés.

La prothèse provisoire est retirée, et des transferts d'empreinte sont placés sur les piliers.

Une empreinte avec un porte-empreinte individuel chargé de polyéther ou de plâtre est réalisée avec la technique « pick-up » ou ciel ouvert, ainsi qu'une empreinte mandibulaire.

Les empreintes sont envoyées au laboratoire de prothèse avec les répliques de piliers placés sur les transferts.

Le prothésiste coule les empreintes, réalise une clé en plâtre permettant de valider l'empreinte et de vérifier la passivité de la future armature.

La clé sera essayée en bouche, avec un contrôle radiographique.

Lors de l'insertion de celle-ci, aucune friction ni tension ne doit être ressentie, et au vissage, aucun trait de fêlure ou fracture ne doit être objectivé.

Une fois l'empreinte validée, des bourrelets d'occlusion en cire, maxillaire et mandibulaire et une fausse gencive sont réalisés.

En bouche, la relation-inter-maxillaire (dimension verticale, orientation du plan d'occlusion, lignes esthétiques et support de lèvre) est mesurée, la forme et la teinte des dents sont choisies.

Lors de l'essayage des dents sur cire, il faudra vérifier : la dimension verticale, l'occlusion, le cantilever, la forme et la teinte des dents, l'accès à l'hygiène, le soutien des tissus mous et la phonation.

Quand cet essayage est validé, le prothésiste fabrique l'armature métallique aux limites et volumes adaptés. Cette armature devra être passive sur le modèle et en bouche.

Une fois l'armature validée, le laboratoire réalise les finitions de la prothèse.

Afin d'éviter les bourrages alimentaires et de favoriser les manœuvres d'hygiène, des espaces autour des implants devront être créés pour permettre le passage des brossettes interdentaires et permettre une bonne maintenance implantaire. L'intrados prothétique devra être convexe en regard de la crête afin d'éviter les rétentions alimentaires sous le bridge et devra éviter au maximum les surcontours.



Figure 25 : Finitions du bridge transversé définitif sans surcontour – Guide Nobel Biocare

Lors de la pose de la prothèse définitive, la prothèse sera vissée à 15N/cm, les puits d'accès bouchés au téflon et au composite, l'occlusion vérifiée, les contacts primaires sur les cantilevers distaux éliminés et les manœuvres d'hygiène enseignées au patient.



Figure 26 : Vissage des piliers lors de la pose de la prothèse définitive - Guide NobelBiocare

2.2.6 Inconvénients

La technique décrite par Brånemark comporte des inconvénients :

Le **risque de perforation de la membrane sinusienne** lors de l'ouverture de la fenêtre sinusienne et lors de son refoulement est élevé. La manipulation de la membrane sinusienne rend la chirurgie complexe et entraîne un risque de sinusite important en cas de perforation.

Les longues incisions de décharge et le décollement très important de la muqueuse rendent la **chirurgie invasive** pour le patient, avec des risques de douleurs et d'œdème conséquent.

L'émergence palatine de la tête de l'implant rend les **manœuvres d'hygiène plus difficiles** et la réhabilitation prothétique ne sera pas idéale à cause des extensions palatines qui pourront causer une **gêne linguale** et potentiellement une **gêne à la phonation** (chuintement et zozotement).

3 Limites et complications

3.1 Limites anatomiques

3.1.1 Obstacles anatomiques

Différentes zones à risque sont à identifier dans l'implantologie zygomatique. On distingue les structures vasculaires, nerveuses et les zones anatomiques complexes.

Parmi les structures vasculaires :

- L'artère palatine descendante,
- L'artère sphéno-palatine,
- L'artère alvéolaire supérieure.

Parmi les structures nerveuses :

- Le nerf maxillaire V2 et ses diverses ramifications, (le nerf infra-orbitaire, le nerf zygomatiko-facial, les rameaux alvéolaires du nerf infra-orbitaire),
- Le nerf facial et ses rameaux zygomatiques.

Parmi les structures complexes :

- La fosse infra-temporale encore appelée la fosse ptérygo-maxillaire,
- La membrane sinusienne,
- Le plancher de l'orbite [3,28].

3.1.2 Atrophie de l'os zygomatique

Les travaux menés par *Van Steenberghe & al* [29], en 2003 ont précisé les dimensions de l'os zygomatique.

La hauteur moyenne de l'os zygomatique est de 14,1 mm et sa dimension antéro-postérieure est de 20 mm.

	Height of zygoma measured along implant axis (mm)	Width of zygoma measured midway and perpendicularly on implant axis (mm)	
		Frontal width	Sagittal width
Mean	14.1	8.3	20.5
SD	4.7	1.4	4.6
Min	7.9	6.6	11.2
Max	24.9	11.1	28.2

Figure 27 : Résultats des travaux de Van Steenberghe & al, 2003 concernant les mesures de l'os zygomatique [29]

Cet espace semble donc suffisant pour la mise en place de deux implants zygomatiques lors d'un « Quad Zygoma ».

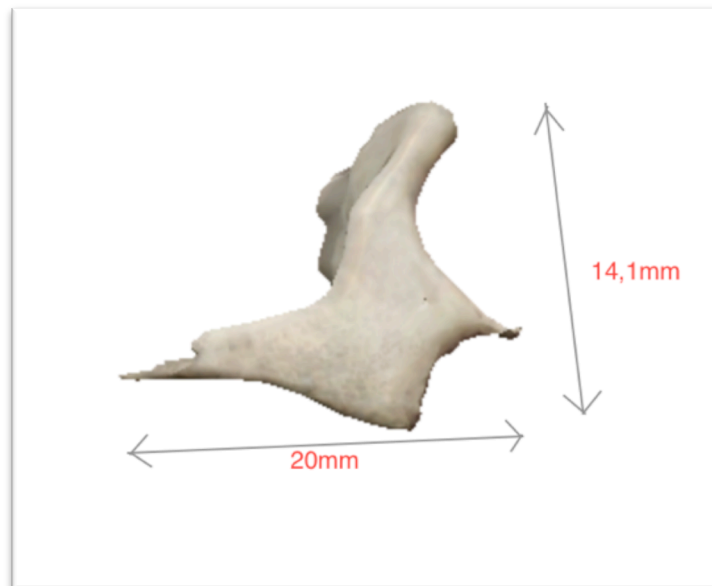


Figure 28 : Mesures moyennes de l'os zygomatique - Source personnelle

Différents syndromes peuvent être à l'origine d'une hypoplasie du maxillaire et de l'os zygomatique :

Le syndrome de Francheschetti / Treacher-Collins ou dysostose mandibulo-faciale [30] est une malformation congénitale touchant la face associant : une hypoplasie du pavillon des oreilles, une atrésie des conduits auditifs externes, une anomalie des osselets avec surdité, une hypoplasie des os malaire et zygomatiques une hypoplasie mandibulaire des ramus, une fente palatine et des anomalies

dentaires de type hypoplasie, agénésie, anomalies dentaires d'éruption et de position.

Le syndrome de Nager [31], dans lequel les principaux éléments dysmorphiques sont des fentes palpébrales obliques en bas et en dehors, une hypoplasie maxillaire, malaire et zygomatique, associés à des malformations des membres comme : l'hypoplasie ou l'absence de pouce, une hypoplasie du radius ou une synostose radio-cubitale.

D'autre part, des **défauts de croissance maxillo-malaire** ont été observés chez **les profils « faces étroites »** [32] Elles sont dysmorphofonctionnelles. Le défaut d'expansion est consécutif à une obstruction nasale chronique.



Figure 29: (A) : Syndrome de Francheschetti / Treacher-Collins [30] – (B) Profil « face étroite » [32]

En cas d'atrophie ou d'hypoplasie de l'os zygomatique, l'ancrage des implants n'est pas suffisant, l'espace étant restreint, la pose d'implants zygomatiques est contre-indiquée.

3.1.3 Ouverture buccale limitée

Malgré la diversité des longueurs de forêt (de 67,5 mm à 100 mm) au sein des sociétés implantaires, une ouverture buccale suffisante est nécessaire pour la mise en place des implants zygomatiques.

3.2 Complications per-opératoires

La pose d'implants zygomatiques est un acte chirurgical complexe nécessitant une évaluation pré-chirurgicale rigoureuse. En effet il existe un risque de complications majeures, surtout en raison de la longueur de l'implant et de la présence de structures anatomiques importantes (orbite, fosse infra-temporale) dans la zone d'ancrage zygomatique. La procédure chirurgicale demande donc une bonne connaissance de l'anatomie locale. Ceci est particulièrement pertinent lorsqu'il existe une atrophie sévère du maxillaire et que la mise en place de quatre implants zygomatiques est envisagée.

3.2.1 Perforation du plancher de l'orbite et pénétration de l'orbite

La perforation du plancher orbitaire est une des complications majeures pouvant se produire durant cette chirurgie.

L'effraction du plancher orbitaire [33] est le mécanisme le plus courant des complications orbitaires. Selon son importance, les conséquences seront différentes. Si l'effraction de la périorbite est mineure, sans véritable pénétration, la symptomatologie régresse spontanément, sans exploration ni intervention complémentaire. En revanche, en cas de fausse route orbitaire plus importante, l'arrêt immédiat de l'intervention s'impose, nécessitant en urgence un examen ophtalmologique associé à un examen tomodensitométrique.

L'effraction du plancher orbitaire, avec ou sans atteinte de la périorbite peut provoquer un **hématome intra-orbitaire** [33,35,36]. Le plus souvent, l'hématome est rétrobulbaire et il est en général plus la conséquence d'une lésion veineuse qu'artérielle. Quand ils sont d'origine veineuse, les hématomes sont à faible pression et ils régressent spontanément. En revanche, les hématomes d'origine artérielle apparaissent plus rapidement. L'artère infra-orbitaire qui chemine dans le plancher de l'orbite et qui permet la vascularisation du toit sinusal et de sa face antéro-latérale est particulièrement exposée.

Les lésions artérielles sont responsables d'une hyperpression intra-orbitaire élevée, provoquant une baisse de l'acuité visuelle due à l'augmentation de pression intra-orbitaire qui compromet l'apport vasculaire au nerf optique, très sensible à l'ischémie.

Une **baisse d'acuité visuelle** voire une **cécité** [33] peuvent être les conséquences d'un hématorne intra-orbitaire comprimant le nerf optique en cas d'effraction orbitaire.

Une **diplopie** [33,34] peut également être la conséquence de l'atteinte des muscles droit interne ou oblique supérieur.

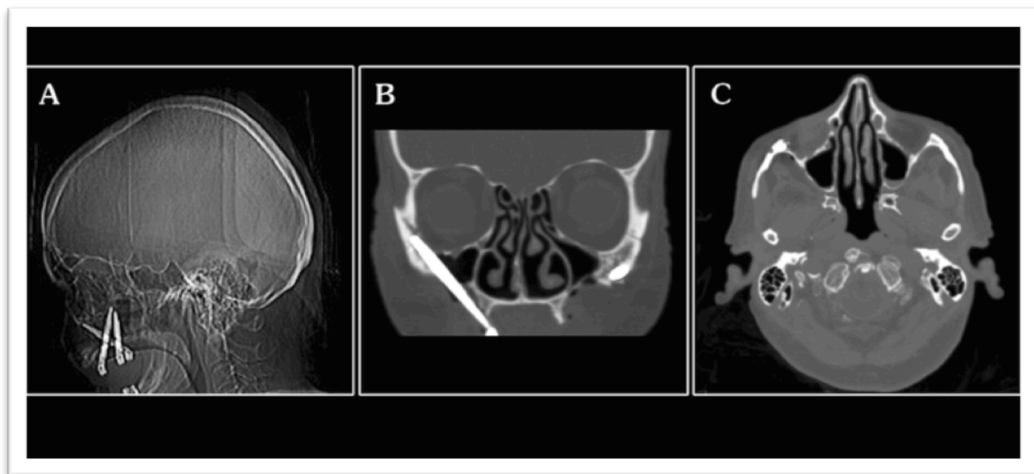


Figure 30 : (A) : tomodensitométrie latérale mettant en évidence les 3 implants zygomatiques. (B) : coupe coronale mettant en évidence la pénétration de l'implant antérieur droit dans la partie inféro-latérale de l'orbite droite. (C) : coupe transversale : mise en évidence de l'hématome au niveau de l'orbite droite [34]

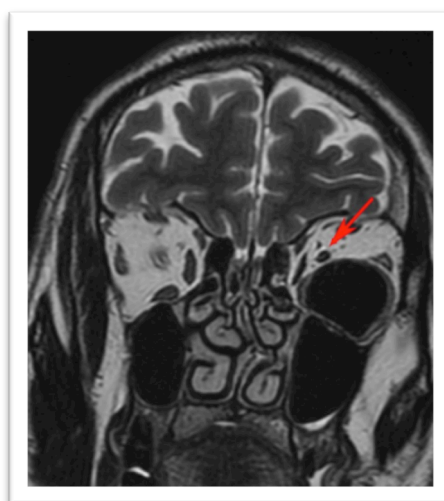


Figure 31 : Coupe coronale d'un IRM orbitaire mettant en évidence un processus expansif développé au sein du muscle droit inférieur en hyposignal franc refoulant le nerf optique (flèche) [35]



Figure 32 : CT-scan : (A) : Hématome recouvrant la fissure orbitale inférieure – (B) : Hématome étendu le long de la paroi orbitale latérale – (C) : Pas de compression directe du nerf optique [36]

Différents auteurs se sont intéressés aux bases anatomiques pour l'insertion d'implants zygomatiques.

L'étude de *Uchida et al.* [37] effectuée sur 12 cadavres évalue l'angulation envisageable d'un l'implant zygomatique à partir de son émergence afin de rester à distance des zones à risques.

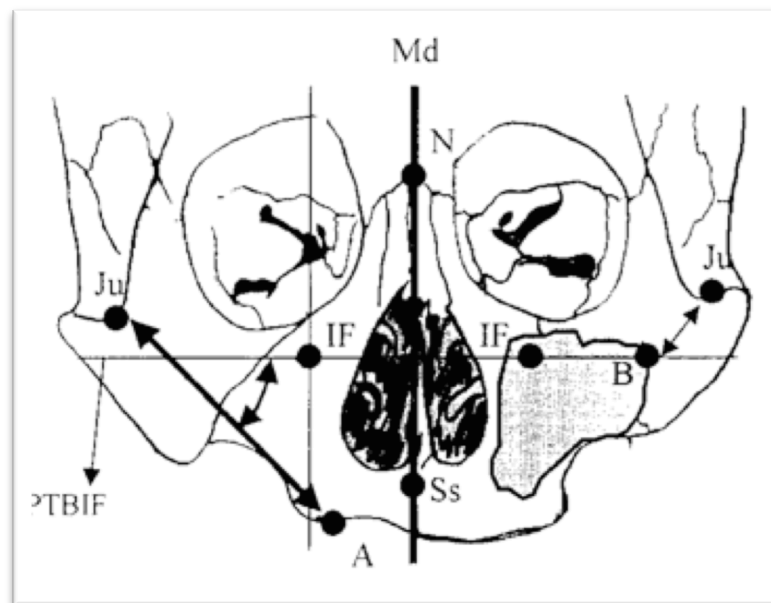


Figure 33 : Repères et mesures sur les os nasal, maxillaire et zygomatique - vue frontale [37]

Les plans Md (passant par le foramen incisif et le Nasion) et le plan PTBIF (passant par les foramens infra-orbitaires et perpendiculaire au plan Md) sont déterminés.

Le point Ju correspond au point terminal l'implant (apex) et le point A au point initial de l'implant (col).

L'angle d'insertion est l'angle retrouvé entre le plan PTBIF et la ligne virtuelle entre A-Ju.

Le foramen infra-orbitaire est visualisé et correspondra à un repère anatomique utile pour déterminer l'émergence implantaire.

Du fait de la résorption importante du maxillaire, il est parfois difficile d'évaluer la position de la deuxième prémolaire maxillaire sur une crête édentée. Des études anatomiques ont montré que le plan parallèle au plan médian passant par le foramen infraorbitaire traverse la deuxième prémolaire maxillaire [38].

Uchida et al. [37] a montré que l'angulation des implants zygomatiques devait être comprise entre $43,8^\circ$ et $50,6^\circ$. Si l'angle est supérieur à $50,6^\circ$ il y a un risque de perforer le plancher de l'orbite.

Duarte et al. [39] et *Davo et al.* [40] rapportent une pénétration de l'orbite dans la littérature. Dans les deux cas décrits, un hématome conjonctival est observé immédiatement après la chirurgie, en raison d'un saignement de la sclérotique et du tissu sous conjonctival. La régression de celui-ci est spontanée.

Si des effractions du plancher de l'orbite ont été décrites, elles se sont résolues sans complications ultérieures et aucun cas de cécité n'est apparu.

Prévention :

Afin d'éviter cette complication, la maîtrise de l'anatomie par l'opérateur est fondamentale.

Lors de la mise en place du champ opératoire, les yeux ne doivent pas être couverts afin de garder un contrôle en per-opératoire permettant de contrôler l'absence d'exophtalmie ou d'hématome sous conjonctival.

L'apparition de graisse au bout du foret suite au forage est un signe d'effraction du plancher et le forage devra immédiatement être stoppé.

Dans la littérature, plusieurs auteurs se sont intéressés à la réduction des complications orbitaires :

Pi-Urgell et al. [20] recommande d'utiliser un écarteur pour tissus mous au niveau de l'angle zygomatique. Il permet de guider la direction et surtout de servir de stop.

Wu et al. [41] a proposé un protocole pour améliorer la technique chirurgicale conventionnelle. Il y associe l'intervention d'un ophtalmologue. Une incision est faite au niveau de la paupière inférieure, à 2 mm du canthus externe. Après la dissection de la graisse orbitaire, la paroi orbitaire inférieuro-latérale est exposée permettant un accès visuel direct sur l'axe et la direction des forets et implants.

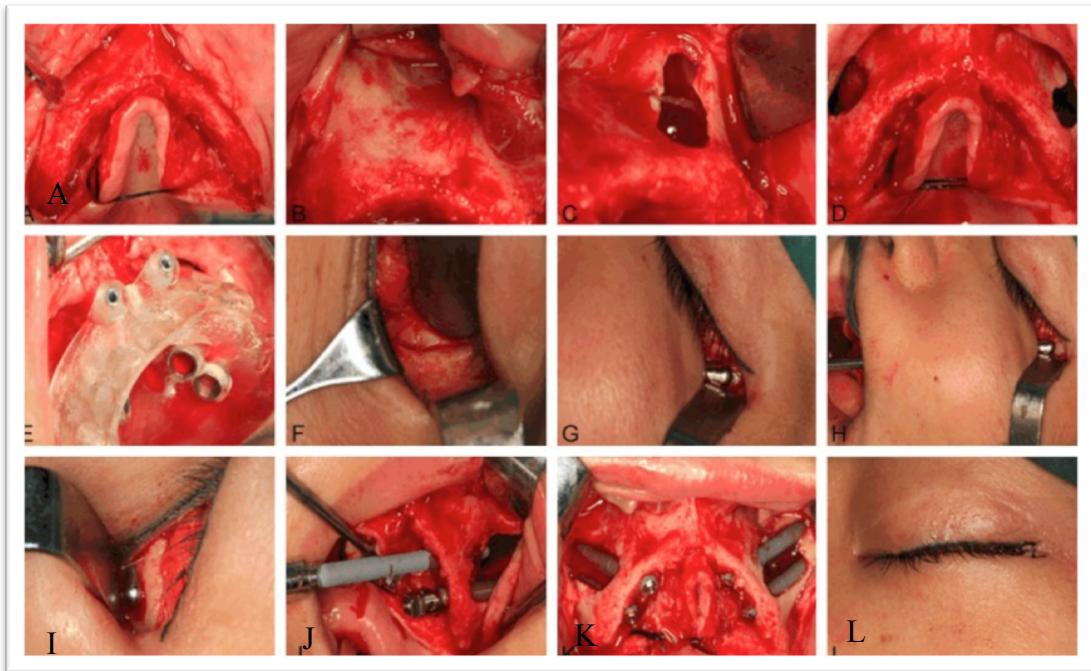


Figure 34 : Figures A - D : vues cliniques de l'exposition de la crête maxillaire, ouverture de la fenêtre sinusienne selon l'approche classique. Figure E : Pose du guide chirurgical. Figures G – I : Incision de la paupière inférieure et mesure de la taille de l'implant grâce à la jauge de profondeur. Figures J –K : Pose des 4 implants zygomatiques Figure L : fermeture de la paupière [41]

La modification de la technique avec l'incision de la paupière par un ophtalmologue pour exposer le rebord orbitaire inféro-latéral doit permettre de contrôler plus facilement la direction du forage des implants zygomatiques. Avec cette modification, les risques potentiels de pénétration dans cavité orbitaire et de dommages de son contenu sont réduits.

Des réserves sont tout de même à émettre quant à cette technique puisque le risque d'ectropion ou de ptosis en post-opératoire n'est pas négligeable.

Gestion :

En cas d'apparition d'hématome orbitaire, lorsqu'il est d'origine artériel et donc compressif, le traitement consiste à extraire les caillots, rincer au sérum salé physiologique, reprendre les hémostases puis mettre en place une lame de Delbey pour permettre le drainage en post opératoire.

La prise de charge de celui-ci devra être rapide car l'hématome orbitaire compressif artériel entraîne une cécité irréversible en 30 minutes.

3.2.2 Effraction dans la fosse infra-temporale

La **fosse infra-temporale** (FIT) est un espace profond de la face situé en arrière de l'os zygomatique et de la tubérosité maxillaire ; dans la classification proposée par *Legent et al.* [42], elle est subdivisée en 3 régions :

- La fosse ptérygo-palatine ;
- L'espace rétro-maxillo-zygomatique ;
- La région des muscles ptérygoïdiens.

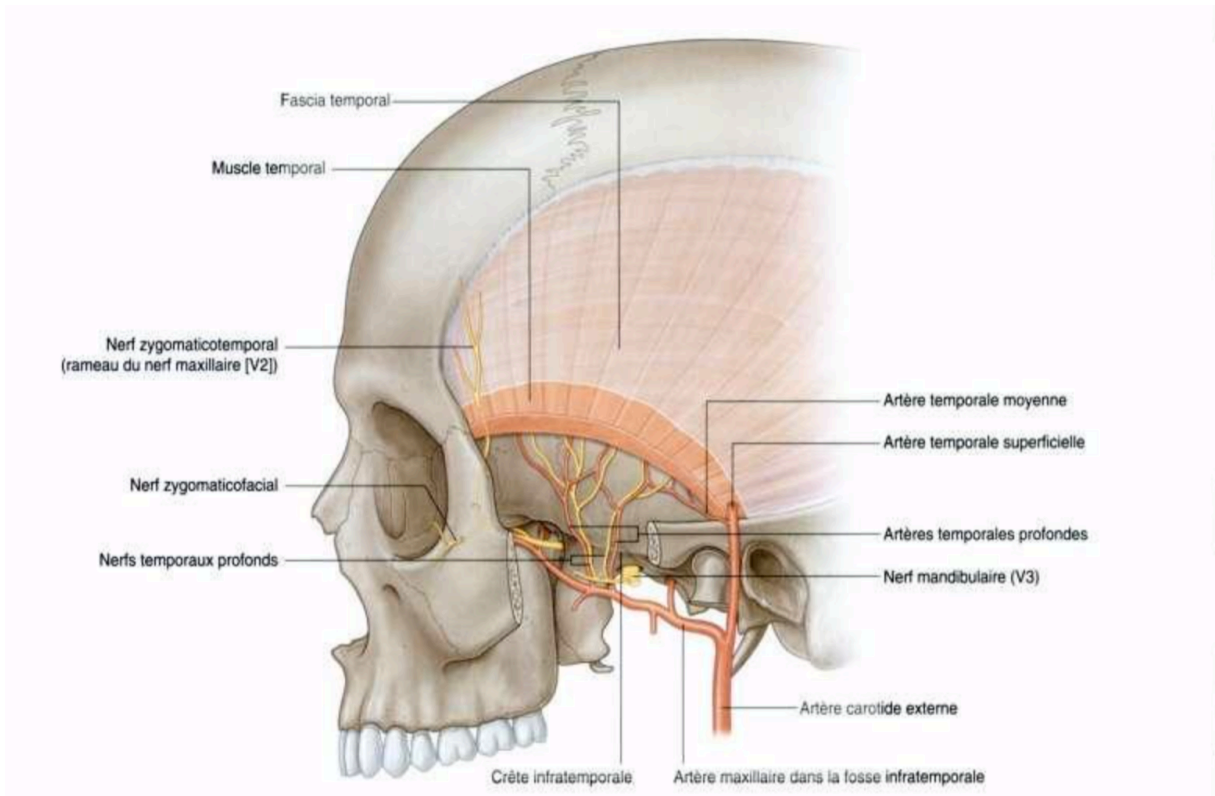


Figure 35 : Nerfs et artères de la fosse infra-temporale – Source : Capture d'écran Gray's p : 921



Figure 36 : Localisation anatomique de la fosse infra-temporale [36]

Cette fosse abrite **des muscles** (ptérygoïdiens latéral et médial), une partie du corps adipeux de la joue (anciennement appelée la boule de Bichat), **des vaisseaux** (artère maxillaire et des veines satellites de l'artère maxillaire) et **des nerfs** (nerf mandibulaire, nerf maxillaire).

La perforation de la fosse infra-temporale résulte également d'un **axe de forage incorrect**.

L'effraction de la fosse infra-temporale peut avoir plusieurs conséquences ;

- Un **risque hémorragique** lié à la lésion de l'artère maxillaire,
- Un **risque infectieux** lié à la création d'une collection parapharyngée et de la loge des masticateurs pouvant entraîner une limitation de l'ouverture buccale [43].



Figure 37 : TDM montrant une collection parapharyngée incluant des images de densité aérienne refoulant médialement l'espace rétropharyngé [43]

L'étude de *Uchida et al.* [37] a démontré qu'il y avait un risque de pénétration dans la fosse infra-temporale si l'angle de pose de l'implant zygomatique est inférieur à $43,8^\circ$ avec le PTBIF.

3.2.3 Pénétration intra-cérébrale

L'unique cas de la littérature a été rapporté en 2010 par *Reychler et al.* [44]. Il s'agit d'un implant zygomatique qui aurait été positionné au niveau d'un implant ptérygoïdien, c'est-à-dire très postérieurement à la crête.

3.2.4 Perforation de la membrane sinusienne

Cette complication apparaît lors de l'ouverture de la fenêtre sinusienne ou lors du décollement [47].

Prévention :

Afin de limiter le risque de perforation de la membrane de Schneider, l'ouverture de la fenêtre sinusienne peut être effectuée avec des instruments piézo-électriques plutôt que rotatifs. Ce type d'instrumentation utilise les ultrasons à basse fréquence, permettent une efficacité de coupe différentielle : ils ont une action uniquement sur les tissus durs, minéralisés, et préservent les tissus mous [48,49]. Le décollement de la membrane sera effectué de manière délicate à l'aide de décolleurs à bout mousse.

Gestion :

Selon l'importance de la perforation de la membrane sinusienne, différentes options thérapeutiques sont retrouvées dans la littérature :

- abstention thérapeutique [50],
- suture de la membrane [50],
- mise en place d'une membrane de collagène résorbable [50],
- utilisation de Plasma Riche en Fibrine (PRF) [51,52],
- couverture de la perforation avec la lamelle osseuse issue de la fenêtre d'accès latéral [50],
- utilisation de la boule graisseuse de Bichat ou corps adipeux de la joue [50],
- fermeture de la perforation par l'utilisation de colles (colle de fibrine ou colle biologique) [53].

Il faudra donner les conseils post-opératoires adéquats au patient en plus des consignes habituelles [50,54] :

- éviter toute manœuvre de Valsalva,
- ne pas se moucher pendant 3 semaines,
- éternuer bouche ouverte 3 semaines après la chirurgie (pour éviter toute surpressions intra-sinusienne),
- ne pas aspirer avec une paille,
- éviter de prendre l'avion 3 semaines après l'intervention suivre les prescriptions médicamenteuses.

3.2.5 Lacération de la lèvre ou du lambeau

Elle est provoquée par la friction causée par la rotation des instruments lors du forage ou de la mise en place implantaire [47,55].

Prévention :

Afin d'éviter cette complication, il est recommandé d'utiliser les drill guards ou un écarteur de type Dautrey, écartant la commissure labiale.

La formation de l'aide opératoire est aussi importante puisqu'elle devra surveiller la position et l'axe des rotatifs pendant que le chirurgien réalisera les forages.

3.2.6 Lésions hémorragiques

Description de la vascularisation du maxillaire :

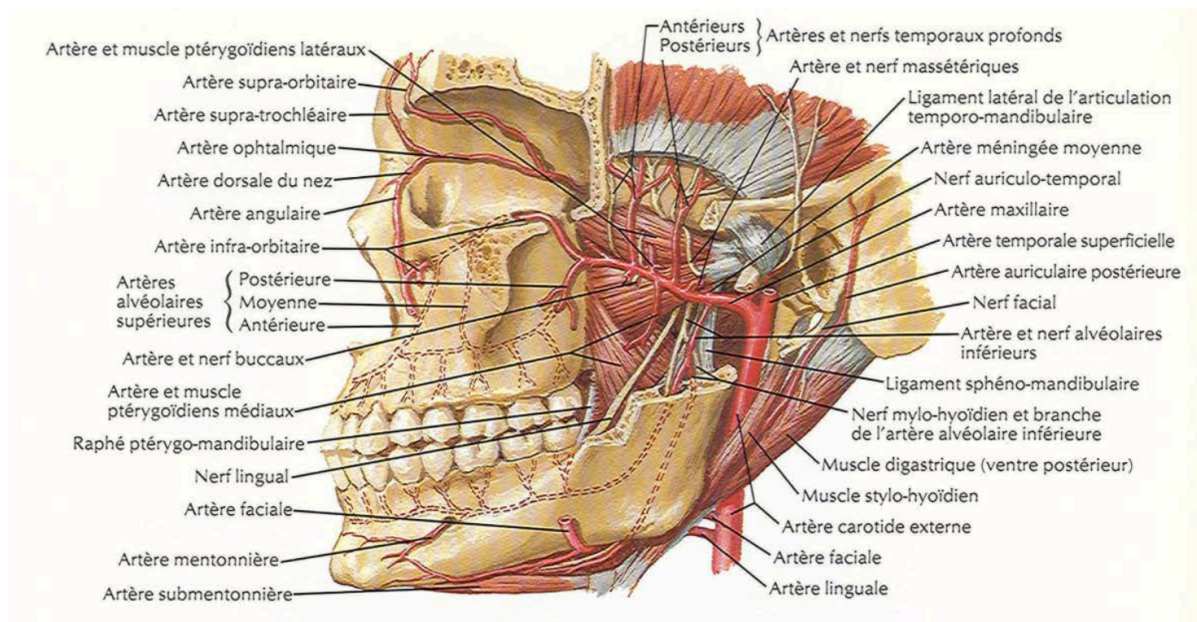


Figure 38 : Description de la vascularisation du maxillaire – Capture d'écran Netter planche 35

Le maxillaire est richement vascularisé, en antérieur par l'artère alvéolaire supéro-postérieure et en sous orbitaire par l'artère infra-orbitaire. L'artère maxillaire, branche de l'artère carotide externe, se divise en plusieurs branches dont l'artère alvéolaire supéro-postérieure et l'artère infra-orbitaire.

L'artère alvéolaire supéro-postérieure se dirige vers le bas et l'avant, le long de la face externe de la tubérosité maxillaire. Elle donne plusieurs rameaux qui pénètrent l'os maxillaire et vascularisent les molaires supérieures et la muqueuse du sinus. Elle se poursuit ensuite à la surface de la tubérosité pour vasculariser la gencive supérieure. Elle se termine en donnant des rameaux qui s'anastomosent avec l'artère buccale et l'artère infra-orbitaire.

L'artère infra-orbitaire passe par la fissure orbitaire inférieure et donne une branche orbitaire qui vascularise le sac lacrymal ainsi que les muscles droit et oblique inférieur. Elle s'insère ensuite dans le sillon infra-orbitaire et pénètre avec le nerf infra-orbitaire dans le canal du même nom. Elle donne alors les artères alvéolaires supérieures antérieure et moyenne qui vont irriguer les incisives, canines et

prémolaires supérieures, ainsi que la muqueuse du sinus. L'artère se ramifie et s'anastomose au niveau du foramen infra-orbitaire avec les artères dorsales du nez, angulaires, alvéolaires postéro-supérieures, pour irriguer les téguments de la région infra-orbitaire.

L'artère alvéolo-antrale naît de la réunion de l'artère alvéolaire supéro-postérieure et de l'artère infra-orbitaire. Son trajet est intra-osseux dans la paroi latérale du sinus. Une autre branche de l'artère maxillaire est l'artère palatine descendante. Elle parcourt la fosse ptérygomaxillaire et pénètre dans le canal grand palatin. Elle passe par le foramen grand palatin et traverse le palais dur vers le foramen incisif.

Des saignements peuvent survenir :

- Lors de l'incision du lambeau
- Lors du décollement
- Lors de la réalisation de la fenêtre sinusienne. L'artère alvéolo-antrale est particulièrement à risque.

Prévention :

Afin de limiter le saignement lors de l'incision du lambeau, l'incision devra être franche et nette, et le décollement d'épaisseur totale, sans blesser le périoste.

Gestion :

Différentes méthodes peuvent être utilisées lors d'un saignement muqueux comme les **sutures en X** et/ou **ligatures par clamp** ou **l'électrocoagulation à l'aide d'un bistouri électrique**.

Concernant le saignement osseux, des **éponges collagéniques** ou de la **cellulose oxydée** peuvent être employées dans les alvéoles. Une application de **cire à os** de Horsley peut permettre de comprimer mécaniquement une artériole intra-osseuse comme l'artère alvéolo-antrale.

3.3 Complications chirurgicales post-opératoires

3.3.1 Œdème post-opératoire

Bien que classé dans les complications post-opératoires liées à la chirurgie, l'œdème peut aussi être considéré comme une suite post-opératoire normale.

Il s'agit d'une expansion anormale du secteur hydrique extracellulaire s'inscrivant dans la chaîne de réaction du processus inflammatoire. L'œdème va donc conduire à la défense de l'organisme, sa réparation ainsi qu'à la régénération de la plaie.

Sa présence est donc quasi systématique compte-tenu de l'ampleur de l'intervention, de sa durée et de l'importance du décollement muqueux [45,55-57].

Il est alors logique de parler d'une conséquence « normale » de l'opération.

L'intensité de l'œdème est peu prévisible, et sa présence est plutôt brève : de 2 à 4 jours, n'excédant pas 7 jours.

Différents effets sont à associer à l'œdème :

- des troubles mécaniques, provoqués par le gonflement des régions de la face, entraînant un trismus, une altération des fonctions masticatoires, de la déglutition et de la phonation,
- la distension des tissus mous, provoquant un retard de cicatrisation du à une mauvaise coaptation des berges de la plaie,
- des douleurs.

Prévention / Gestion :

Il est impossible d'éviter l'œdème post-opératoire mais il peut être limité en respectant certains critères.

Comme pour les autres opérations de chirurgie orale, l'application de glace immédiatement en post-opératoire et la prescription d'anti-inflammatoires stéroïdiens (*Prednisolone 1mg/kg*) débutés la veille et poursuivis 3 jours en post opératoire permettront de limiter l'œdème.

3.3.2 Hématome facial

La formation de l'hématome ou de l'ecchymose est la conséquence d'une hémorragie correspondant à l'extravasation de sang en dehors des vaisseaux.

L'hématome est une collection de sang circonscrite à l'intérieur d'un tissu qu'elle dissocie afin de former une cavité. Son expansion dépend essentiellement de la résistance des tissus adjacents.

Les hématomes se développent dans les espaces de glissement. Le sang va donc s'insinuer entre les aponévroses des muscles faciaux, du cou ou pharyngés, en fonction de la pesanteur, de la position du patient et de la zone traumatisée.

Quand l'ecchymose se trouve au niveau jugal et le patient en position allongée, le sang glisse sur l'aponévrose du muscle releveur de la lèvre supérieure et de l'angle de la bouche. Il arrive ensuite au niveau du muscle orbiculaire de l'œil où il stagne en raison de la concavité liée à l'arcade zygomatique et au cul de sac formé par la paupière [58].

La résorption de l'hématome se fait le plus souvent spontanément [55].



Figure 39: Illustration d'un hématome facial – Dr Guiol

Tous les patients sont à risque de développer un hématome, mais il existe certains facteurs favorisants :

- **Le terrain** : les thrombopénies, les troubles et anomalies de la fonction plaquettaire, la prise d'antiagrégants plaquettaires ou d'anticoagulants, les anomalies de la coagulation, l'HTA, les patients avec fragilité capillaire (âge), ou les patients cirrhotiques.
- **La localisation** : le décollement intéressant la tubérosité maxillaire et le passage des instruments proche de la fosse ptérygoïdienne risquent de léser les artères maxillaire, infra orbitaire, palatine descendante pharyngienne supérieure, sphéno-palatine.
- **L'acte interventionnel** [58].

Les conséquences :

- **Impact esthétique,**
- **Retard de cicatrisation** : la compression des vaisseaux avoisinant l'hématome diminue la vascularisation des tissus, et donc l'oxygénation et l'apport de nutriments et cellules nécessaires à la cicatrisation,
- **Complications infectieuses,**
- **Complications fonctionnelles** : Troubles sensitifs par expansion et compression des structures nerveuses adjacentes [58].

Prévention :

L'hématome et l'ecchymose font partie des complications post-opératoires fréquentes après un acte de chirurgie orale [55,57].

Quel que soit l'acte, le risque d'apparition d'hématome et/ou d'ecchymose doit être expliqué au patient ainsi que leurs conséquences potentielles.

Afin de limiter le risque d'hématome, il est important :

De minimiser les traumatismes sur les structures vasculaires et musculaires : il faudra bien connaître l'anatomie du site et ainsi respecter les différentes structures : préserver les tissus mous, maîtriser les tracés d'incision, éviter la déchirure ou la dilacération des tissus) lors de la pose d'implants,

De gérer l'hémostase du site avant sa fermeture,

D'éviter la formation d'un espace mort lié au décollement en effectuant une compression des tissus manuellement à l'aide de compresses, de gouttières ou plaques de compression, ou encore de bourdonnets.

Gestion :

- **Cryothérapie** :

L'application de froid entraîne une vasoconstriction. Diminuant le flux sanguin, il diminuera l'expansion de l'hématome. Le froid joue également un rôle anti-inflammatoire et diminue donc l'œdème qui accompagne l'hématome.

La cryothérapie sera obtenue par application :

- De glace,
- De Cold Gel (poche en plastique réutilisable, remplie de gel, permettant l'absorption de la chaleur ou du froid (propriété eutectique) ; stockée au réfrigérateur, elle sera modelée autour de la zone à refroidir [59],
- De Cold Pack : constitué de sels de nitrate ammonium. Il s'agit d'un produit à usage unique à activer : le percuter entraîne une réaction chimique cryogénique [60].

- **Hilothérapie** [61,62] :

Le principe est le même que pour la cryothérapie, mais il s'affranchit de sa principale limite : le fait que la température ne soit ni constante, ni régulée. En effet, le froid trop agressif peut endommager les tissus.

Il s'agit d'une thérapie par contrôle de la température, dans le cadre de la cicatrisation des tissus endommagés.

Le dispositif est un patch en polyuréthane adapté à la région anatomique et, connecté à un circuit, où circule de l'eau déminéralisée stérile à température constante, qui peut être réglée de 10°C à 30°C.



Figure 40 : Dispositif Hilotherm [63]

- **Antibiothérapie :**

Les antibiotiques n'accéléreront pas la résorption de l'hématome mais empêcheront sa surinfection. Ils seront envisagés dans un but prophylactique pour des hématomes de tailles moyennes ou grandes, dont le drainage n'a pu être effectué.

- **Corticothérapie**

- **L'évacuation chirurgicale ou la ponction de l'hématome** peut être nécessaire afin de réduire les complications immédiates et retardées.

L'évacuation d'un hématome permet d'évacuer la masse sanguine accumulée et permet également de stopper le processus inflammatoire. Elle est indiquée lorsque l'hématome représente un risque de lésions vasculaires et nerveuses (hématome intra-orbitaire, dans la fosse ptérygoïdienne).

3.3.3 Lésions nerveuses

Les nerfs sensitifs pouvant être lésés en implantologie zygomatique sont les branches collatérales ou terminales du nerf maxillaire (V2) avec principalement le nerf infra-orbitaire, et le nerf zygomatofacial, du fait de la proximité de leur trajet ou de leur émergence avec le site opératoire.

Le nerf infra-orbitaire, branche terminale du nerf maxillaire, sort par le foramen infra-orbitaire retrouvé habituellement à une distance comprise entre 6,1 et 10,9 mm

de la margelle orbitaire [63]. Il peut être endommagé lors d'une dissection sous-périostée excessive, d'une blessure du périoste et éventuellement par la compression de l'écarteur positionné de manière traumatique causant ainsi des paresthésies, anesthésies, dysesthésies.

Le nerf zygomatico-facial, qui est la plus petite branche du nerf zygomatique émergeant de l'os zygomatique au niveau du foramen zygomatique est responsable de l'innervation des téguments de la paupière inférieure et de la région zygomatique. Ce nerf est fréquemment rencontré lors de la levée du lambeau au niveau du mur latéral de l'os zygomatique.

Prévention :

Afin de minimiser le risque de ce type de lésion, l'anatomie doit être parfaitement connue, et la planification réalisée.

Pour prévenir les lésions neurologiques, le foramen infra-orbitaire devra être identifié lors de la levée du lambeau muco-périosté, et la dissection des tissus mous devra être précise et étendue, et le périoste préservé. Les tissus mous devront être manipulés avec soin et le nerf infra-orbitaire devra être disséqué si nécessaire délicatement, en utilisant des instruments à bout mousse.

Gestion :

Ce type de lésion est réversible ou non selon l'importance de la lésion. Dans la majorité des cas, les paresthésies du nerf infra-orbitaire sont temporaires et résolutive spontanément plusieurs semaines après la chirurgie [55]. La prescription d'un *complexe vitaminique B* peut améliorer le pronostic, même si cette prescription est controversée.

3.3.4 Fenestration de la corticale vestibulaire de l'os zygomatique

Un angle de pose inadéquat ou le choix d'un implant trop long peut provoquer une exposition de l'apex implantaire au-delà de la structure osseuse [45]. Ce défaut apparaît alors comme une saillie sous-cutanée visible notamment chez les patients minces.

Au-delà du caractère inesthétique, un inconfort peut être ressenti lors d'un appui prolongé principalement lors du sommeil.

La fenestration de l'os zygomatique peut également être liée à une surchauffe lors du forage apical implantaire. L'apparition de tuméfaction jugale associée parfois à une fistule cutanée doit faire évoquer la présence d'un granulome inflammatoire à l'apex de l'implant. Lors de l'examen tomodensitométrique, on observe la présence d'une radio-clartée apicale faisant évoquer une péri-implantite par voie rétrograde [46].

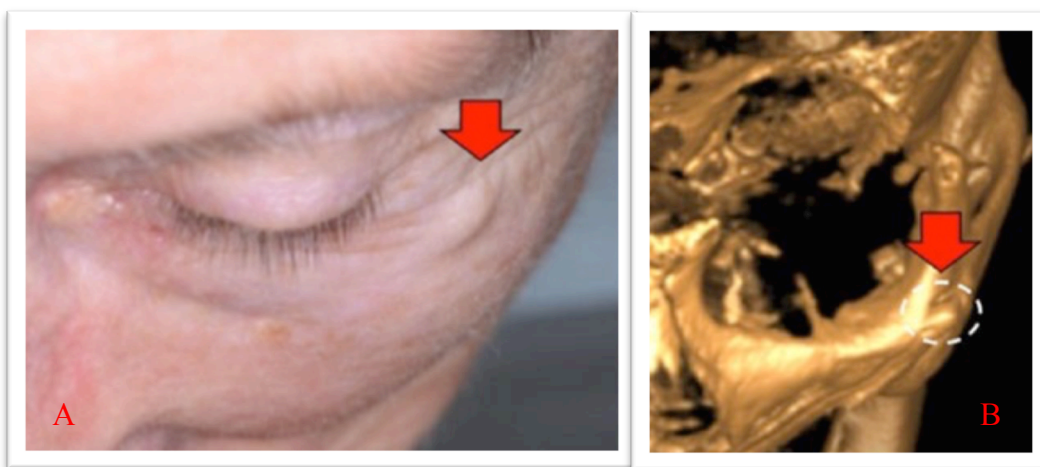


Figure 41 : (A) Exposition de l'apex implantaire au-delà de la structure osseuse donnant une saillie visible au niveau de la joue gauche [46]- (B) Mise en évidence de l'apex implantaire visible sur l'examen tomodensitométrique [46]

Prévention :

La face externe de l'os zygomatique est courbée, ainsi, à la fin du forage, deux mesures peuvent être prises afin de déterminer la longueur de l'implant zygomatique. La mesure la plus basse du forage sera la mesure à prendre en compte [46].

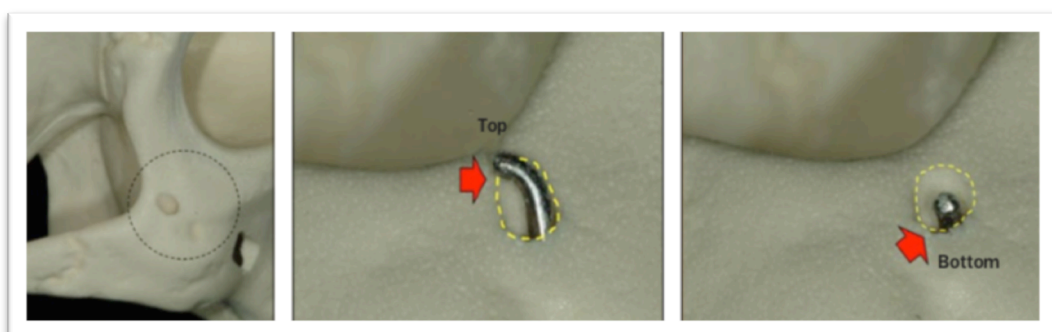


Figure 42 : Illustration des orientations de la jauge de profondeur : mesures à partir du haut ou du bas de l'ostéotomie apicale [46]

Une mauvaise orientation ou une position incorrecte de la jauge de profondeur peut également biaiser la mesure de la longueur de l'implant zygomatique et donc entraîner une exposition de l'apex de l'implant.

Gestion :

« **L'apicectomie** » de l'implant est réalisée sous anesthésie locale après la période d'ostéointégration de l'implant. L'approche est extra-orale : une incision au niveau de la patte d'oie permet de mettre en évidence l'apex de l'implant. L'apex de l'implant est coupé sous irrigation abondante et le tissu de granulation retiré.

Un comblement par le biais de substitut osseux peut être effectué afin d'éviter la formation d'une dépression sur le site opératoire [46].

Des lambeaux de rotations locaux permettent d'améliorer la cicatrice.

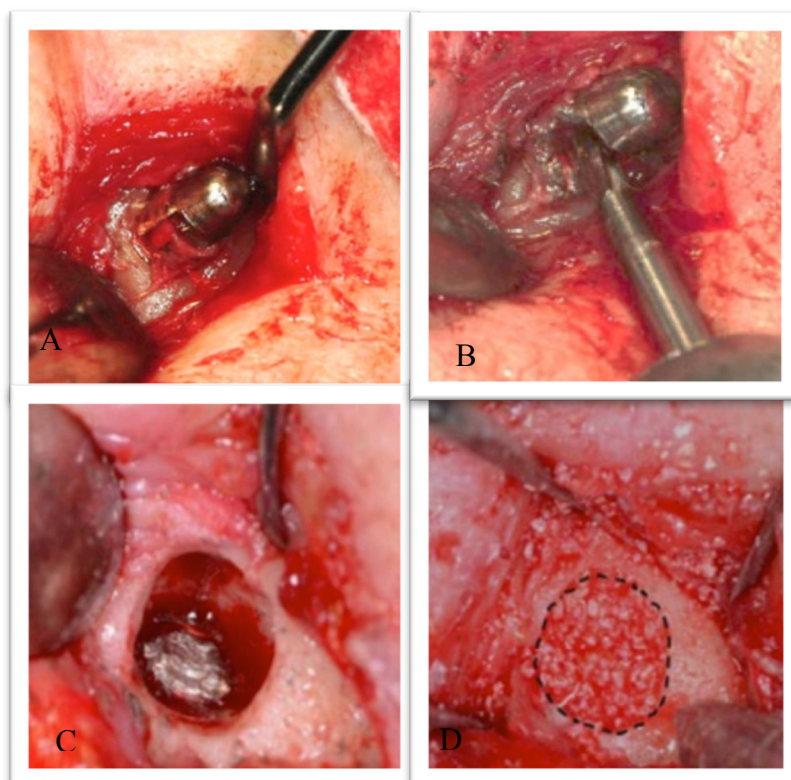


Figure 43 : (A) : Exposition de l'apex de l'implant zygomatique gauche [46] – (B) et (C) : Résection de la partie apicale de l'implant [46] – (D) : Greffe du défaut osseux [46]

3.3.5 Sinusites aiguës et chroniques

La sinusite est une complication post-opératoire fréquemment décrite [45,54,56] après réhabilitation prothétique par implants zygomatiques. En effet, le passage intra-sinusal des forêts ou de l'implant décrit dans le protocole initial du Pr Brånemark, augmente le **risque d'infection (bactérienne ou fongique) ou d'inflammation du sinus**.

Pendant la chirurgie, le sinus est soumis à plusieurs risques : une **réaction inflammatoire liée à l'insertion d'un corps étranger** (les forêts et les implants) et **l'apparition d'une communication oro-antrale**, entre la cavité buccale et le sinus.

L'inflammation de la membrane de Schneider entraîne un blocage du méat et l'absence de ventilation du sinus rend l'environnement propice au développement de bactéries anaérobies. Des cas d'aspergillose ont également été décrits.

Une autre cause de sinusite serait un **défaut d'évaluation pré-opératoire de l'état des sinus : absence d'analyse de la perméabilité des méats** ; ou encore une **négligence du patient**. En effet, il est nécessaire de maintenir une bonne ventilation et une aération régulière des fosses nasales : mouchages quotidiens, rinçage au sérum physiologique, traitement décongestionnant des voies aériennes supérieures lors de l'apparition de symptômes inflammatoires.

Prévention :

Une **évaluation pré-opératoire** de l'état des sinus maxillaires est impérative. **L'anamnèse** (absence de pathologie sinusienne décrite par le patient), **l'examen clinique** associé au moindre doute d'une naso-fibroscopie (absence de conflit ostio-méatal, écoulement purulent...) et **l'examen radiologique** (CBCT, dentascanner) sont essentiels [64].

Toutes les pathologies sinusiennes devront être traitées avant la pose d'implants afin de réduire les complications post-opératoires.

D'autre part, une **modification de la technique opératoire** pourrait diminuer le risque d'apparition de sinusite.

Une étude menée en 2018 par *Quíles et al.* [65] a montré que l'apparition d'une sinusite était corrélée au trajet de l'implant intra-sinusien et à la technique chirurgicale employée.

Elle a également montré qu'en fonction du degré d'atrophie osseuse, la relation implant/sinus varie : plus le degré d'atrophie de l'os alvéolaire augmente, plus le trajet de l'implant est intra-sinusien.

Gestion :

Le traitement de la sinusite est en première intention médicamenteux. Une **méatotomie moyenne** sera réalisée en cas de récurrence ou de persistance par le chirurgien ORL [64].

3.3.6 Fistules et communications bucco-sinusiennes

Une communication bucco-sinusienne peut se former en regard des têtes implantaires au niveau des tissus mous [45,47,56,66]. Il y aura alors une communication des bactéries endobuccales avec le sinus maxillaire.

Elle peut être la conséquence :

- D'un défaut d'ostéointégration de la partie coronaire de l'implant zygomatique [67],
- D'une absence de gencive kératinisée autour des implants. Le tissu kératinisé autour des implants limite l'inflammation et permet une résistance aux récessions. De plus la gencive attachée est nécessaire pour dissimuler le col implantaire et la limite de la restauration et pour créer un joint muqueux péri-implantaire étanche prévenant les invasions bactériennes. Sans un joint péri-implantaire étanche, une poche risque de se former, entraînant la migration apicale de l'épithélium et créant une déhiscence autour de l'implant [68].



Figure 44 : Vue clinique d'une communication bucco-sinusienne [69]

Prévention :

Pour limiter le risque d'apparition de communication ou fistule oro-antrale, il faudra éviter les préparations trop étendues, les changements d'axe de forage ou encore éviter la fracture de la crête alvéolaire pendant la pose d'implant.

Dans le cas où l'adaptation entre la tête implantaire et les tissus péri-implantaires n'est pas idéale, le corps adipeux de la joue peut être tracté afin de couvrir la tête implantaire [69].

Cette complication est étroitement liée à la survenue d'une sinusite, le contrôle de la santé du sinus maxillaire doit faire partie du programme de maintenance.

Gestion :

Localement, les fistules sont traitées par **antibiothérapie** ou dans certains cas par **excisions chirurgicales**. Le retrait de l'implant est rare.

Peñarrocha-Oltra et al. [69] a décrit une technique de fermeture de communication bucco-sinusienne utilisant le corps adipeux de la joue après dépose des implants zygomatiques non ostéointégrés.

Les complications de cette technique sont rares et les avantages sont nombreux : disponibilité aisée du lambeau et apport vasculaire important du lit receveur.

Description de la technique :

Un lambeau muco-périosté trapézoïdal est réalisé et le défaut est exposé.

Le corps adipeux de la joue est mis en évidence en réalisant une incision du périoste de 1 cm débutant au niveau de la tubérosité, en arrière du pilier zygomatique.

Les fibres du muscle buccinateur sont séparées et une légère pression sur la joue est exercée. À ce niveau, l'extension buccale du corps adipeux de la joue est exposée.

Il sera tracté et recouvert au maximum par le lambeau mucopériosté, puis suturé sans tension.

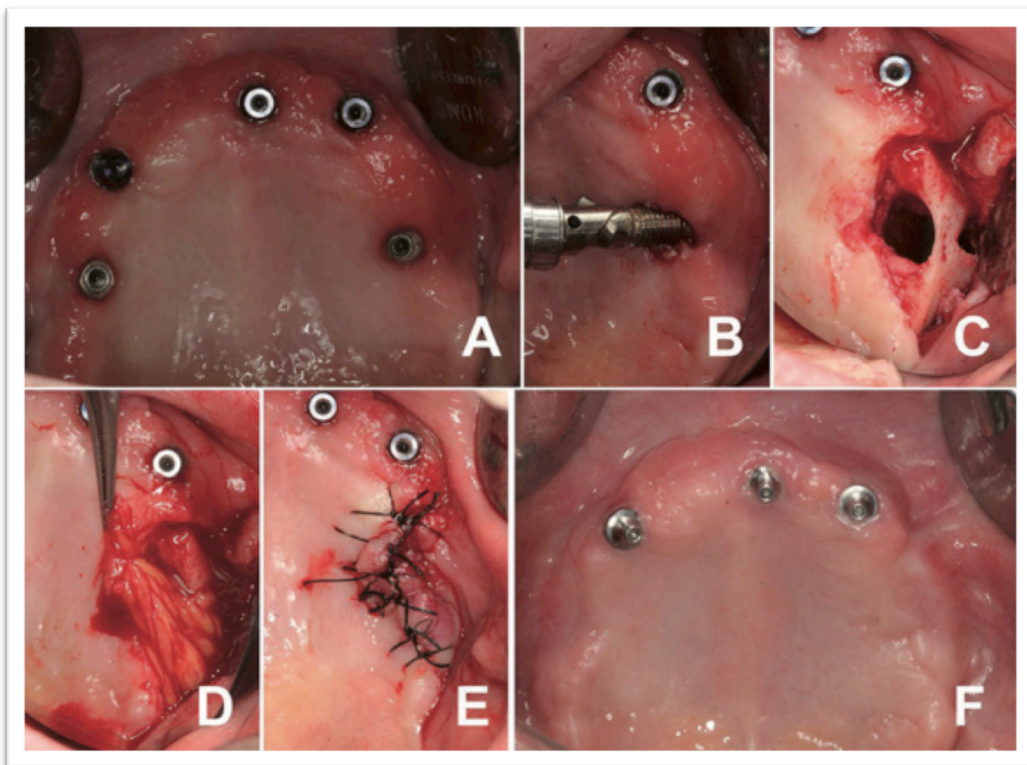


Figure 45 : Vues cliniques du traitement chirurgical de la fermeture d'une communication bucco-sinusienne par la technique du lambeau et du corps adipeux de la joue. (A) : vue clinique avant l'intervention (B) : retrait de l'implant zygomatique gauche (C) : Élévation du lambeau muco-périosté, montrant la communication bucco-sinusienne (D) : Couverture de la communication bucco sinusienne par le corps adipeux de la joue (E) : remplacement et sutures du lambeau (F) : Vue clinique 6 mois après l'opération [69]

3.3.7 Fracture de l'os zygomatique

La fracture de l'os zygomatique engendrée par la pose d'implants zygomatiques est une complication rare.

En effet, la mise en place d'un ou de deux implants dans un os zygomatique atrophié peut le fragiliser et entraîner sa fracture au moment de l'intervention ou de manière retardée.

La concentration de contraintes dans un secteur affaibli comme un site d'ostéotomie ou un secteur en pleine ostéointégration peut conduire à une fracture spontanée sans traumatisme.

Prévention :

Afin de prévenir cette complication, l'étude pré-implantaire devra tenir compte de la qualité et de la quantité d'os zygomatique disponible, tout en sachant que le nombre d'implants posés augmente le risque de fracture.

Pendant la pose implantaire, il faudra éviter de trop fragiliser la structure en répartissant les contraintes de manière équilibrée. L'utilisation d'un couple trop excessif peut créer des micro-fractures de l'os environnant, le couple devra donc être adapté.

Enfin, en post-opératoire, le patient devra suivre les recommandations données par le chirurgien, afin de limiter les contraintes exercées de part et d'autre de l'implant, en adoptant une alimentation molle pendant plusieurs semaines.

Gestion :

La gestion d'une fracture de l'os zygomatique se fera par réduction anatomique de la fracture.

Le retrait des implants présents dans la zone fracturée n'est pas systématique, si la stabilisation et la fixation peuvent être assurées. En revanche l'implant ne doit présenter aucun signe d'infection ou de mobilité.

Le délai de cicatrisation osseuse sera plus long et la mise en charge de l'implant sera retardée.

3.3.8 Ostéite de l'os zygomatique

Une ostéite est une affection inflammatoire du tissu osseux. Il en existe différents types et leurs aspects cliniques varient selon la *localisation* (corticale, médullaire, périostée, tissus mous, diffuse), la *présence ou non de suppuration*, la *durée* (aiguë ou chronique) et *l'étiologie*.

Dans les formes suppurées, les bactéries et leucocytes agissent par production de facteurs inflammatoires variés. Un biofilm se forme, adhère à l'os et agit comme une barrière à la diffusion d'agents antibactériens et de nutriments.

L'ostéite d'origine infectieuse peut avoir une cause locale : traumatisme maxillo-facial, tumeur ou une cause iatrogène comme un geste thérapeutique (mise en place d'un corps étranger par exemple).

L'infection peut débuter 48 heures après l'intervention ou parfois beaucoup plus tard. L'ostéite peut également avoir une cause générale, dans ce cas, l'infection est propagée par voie hématogène. Elles sont favorisées par un diabète, une corticothérapie, des immunosuppresseurs, le tabac... [70].

Prévention :

Le respect des manœuvres d'hygiène et de l'asepsie lors des gestes osseux est une règle de base pour réduire la fréquence de ces infections.

Gestion :

L'ostéite est une urgence thérapeutique médicale et/ou médicochirurgicale, le but étant de guérir l'infection et d'en limiter les séquelles.

Le traitement médical sera l'antibiothérapie (antibiogramme impératif), éventuellement associé au traitement chirurgical avec traitement de la cause infectieuse et traitement de l'infection osseuse par curetage [70].

3.4 Complications implantaies

3.4.1 Inflammation gingivale autour des implants

Comme pour les implants conventionnels, les implants zygomatiques sont exposés à des complications inflammatoires d'origine infectieuse, pouvant avoir un impact sur les tissus péri-implantaires [47,55,71,72]. Les deux principales pathologies péri-implantaires sont la *mucosite péri-implantaire* et la *péri-implantite* [67].

La mucosite péri-implantaire est caractérisée par une inflammation de la muqueuse péri-implantaire. Il n'y a pas de signe de perte de l'os alvéolaire. Cliniquement, un *érythème*, une *tuméfaction des tissus mous* et un *saignement au sondage* sont visibles.

Quant à **la péri-implantite**, une *alvéolyse* visible radiologiquement s'ajoute à *l'inflammation* de la muqueuse. L'inflammation des tissus péri-implantaires est le plus souvent associée à une suppuration et à une augmentation de la profondeur au sondage [73].



Figure 46 : Inflammation gingivale autours des implants [67]

Les facteurs de risque sont une mauvaise hygiène bucco-dentaire, des antécédents de parodontite, le tabagisme, le diabète...

L'étiologie principale est bactérienne. La flore est comparable à celle rencontrée dans les parodontites. L'étiologie occlusale est évoquée mais reste controversée.

Histologiquement, la réponse inflammatoire suit le même déroulement qu'au niveau péri-dentaire, mais sera plus marquée autour des tissus péri-implantaires, l'infiltrat inflammatoire migrant plus apicalement.

Prévention :

La prévention de ce type de complications débute par des informations et des explications du maintien d'une excellente hygiène bucco-dentaire. Ils doivent être conscients que l'accumulation bactérienne est possible sur les tissus péri-implantaires tout comme les tissus péri-dentaires. Une mauvaise hygiène orale aura comme conséquence l'accumulation de plaque, favorisant le développement des maladies péri-implantaires, impactant la longévité des implants et de la prothèse.

Afin que le patient puisse maintenir une hygiène orale optimale, il est nécessaire de lui prescrire le matériel d'hygiène adapté (jet dentaire, fil dentaire, brossettes interdentaires), de contrôler le respect des conseils d'hygiène lors des rendez-vous de maintenance implantaire et de mettre en place des séances de prophylaxie.

Enfin, la conception prothétique devra permettre le passage du matériel d'hygiène [73].

Gestion :

L'étiologie principale de l'inflammation étant un manque d'hygiène orale, il s'agit donc d'une complication qui peut être réversible si elle est gérée à temps et qui régressera grâce à des manœuvres d'hygiène et d'entretien renforcées [73].

En 2016, *Tzerbos et al.* [74] a rapporté un cas de péri-implantite associé à une perte osseuse importante sur un des deux implants zygomatiques posés.

Après l'élévation d'un lambeau et évaluation des lésions, seule la partie contaminée de l'implant a été déposée, la partie apicale dans l'os zygomatique étant ostéointégrée. La prothèse a été modifiée afin de rester fonctionnelle.

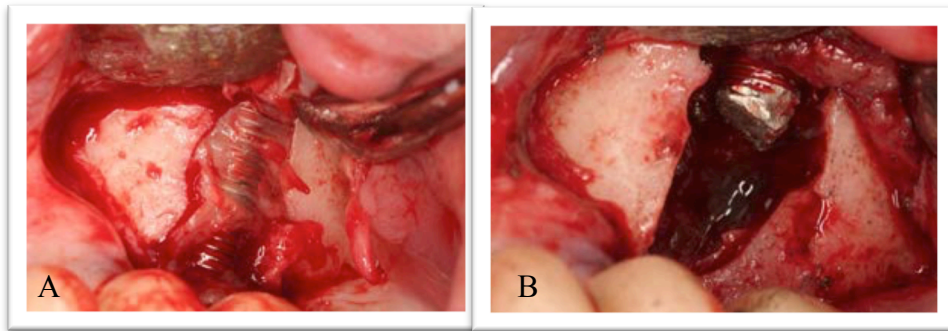


Figure 47 : (A) : Résorption osseuse avancée autour de l'implant en raison d'une péri-implantite [74] – (B) : Dépose de la partie contaminée de l'implant sans effraction de la membrane sinusienne [74]

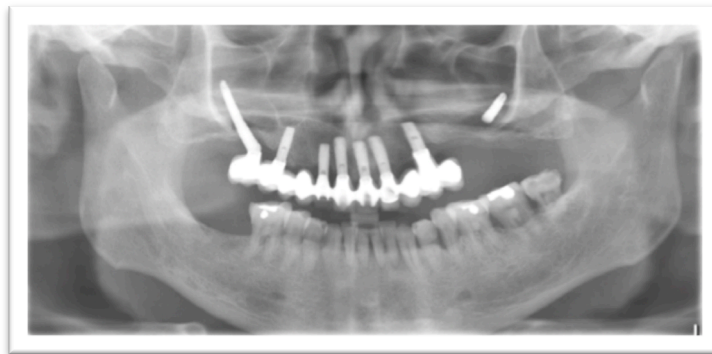


Figure 48 : Radiographie panoramique montrant le reste de l'implant zygomatique ostéointégré et la modification de la réhabilitation prothétique [74]

3.4.2 Échec d'ostéointégration et désostéointégration

Un échec d'ostéointégration ou une désostéointégration peut survenir en implantologie zygomatique tout comme en implantologie conventionnelle avec un risque accru puisque l'implant zygomatique présente peu de zones de contacts osseux tout au long de l'implant, se limitant à quelques millimètres d'ancrage dans la région alvéolaire et au niveau de l'os zygomatique.

Prévention :

A la fin de l'intervention, l'implant devra être parfaitement immobilisé, avec un torque minimum de 35N/cm pour une mise en charge immédiate. Un manque de stabilité primaire entraîne une fibro-intégration.

Pour limiter ce risque, il faudra éviter les sur-préparations du site, les mouvements elliptiques ou imprécis pendant le forage, le taraudage excessif.

Gestion :

En 2016, *Tzerbos et al.* [74] rapporte un cas d'échec d'ostéointégration précoce à 4 mois post-intervention.

L'implant a été déposé et la prothèse a été sectionnée afin de réduire l'effet cantilever du côté droit. La réhabilitation prothétique en arcade courte à droite permet de conserver la prothèse et d'utiliser les autres implants parfaitement ostéointégrés.



Figure 49 : Vue clinique pendant la dépose de l'implant droit à l'aide d'un davier [74]

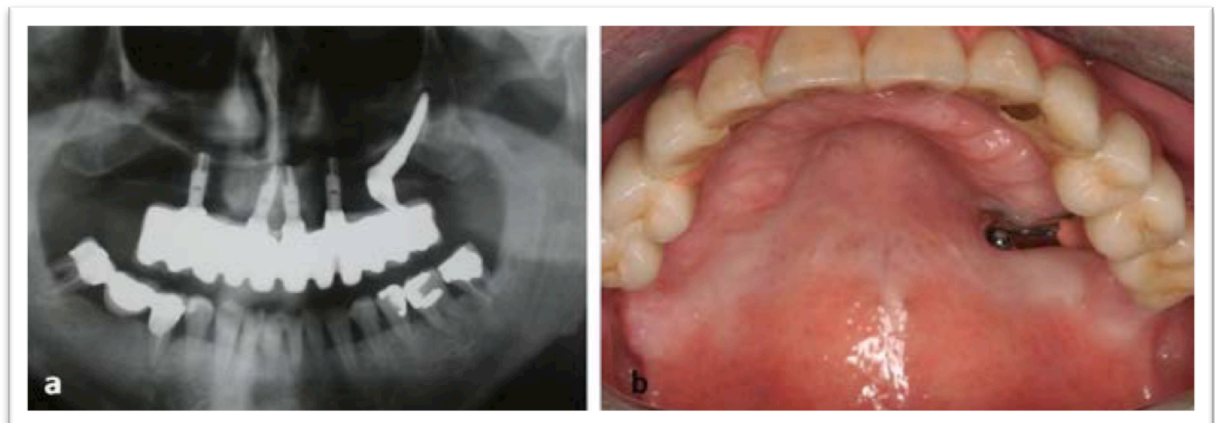


Figure 50 : (A) : Radiographie panoramique dentaire avec la prothèse définitive modifiée - (B) : Vue clinique intra-buccale, après la dépose de l'implant, après cicatrisation [74]

3.5 Complications prothétiques

La réhabilitation prothétique sur implants zygomatiques peut se faire de différentes manières selon la présence d'implants zygomatiques seuls (« Quad Zygoma ») ou associés à des implants conventionnels antérieurs (« Hybrid Zygoma »).

Elle peut se faire sous forme de *Prothèse Amovible Complète implanto retenue ou Supra-Implantaire (PACSI)* ou de *Prothèse fixe implanto-portée*.

❖ La prothèse Amovible Complète Supra-Implantaire :

Il s'agit d'une prothèse amovible complète à complément de rétention implantaire ; elle a donc un appui mixte : fibro-ostéo-muqueux et implantaire.

L'essentiel de la stabilisation et de la sustentation est assuré par la prothèse et les implants assurent la rétention.

Une barre est fixée aux implants et pour des raisons biomécaniques, elle devra être le plus parallèle possible au plan frontal. Les implants seront donc positionnés de façon trapézoïdale et symétriquement, par rapport au plan sagittal médian [75]. Dans l'intrados de la prothèse des crochets cavaliers permettront de stabiliser la prothèse à la barre.

La barre rigide qui solidarise les implants zygomatiques à 2 ou 4 implants conventionnels permet une distribution des forces occlusales égale le long de la courbure de la prothèse. En postérieur, c'est l'os zygomatique qui absorbe les forces, tandis que ce sont les implants conventionnels qui absorbent les forces dans la zone du pré-maxillaire.

Les implants en antérieur ont plusieurs rôles :

- réduire la charge masticatoire,
- réduire l'effet cantilever le long du bras de levier de l'implant zygomatique,
- diminuer les forces latérales et rotationnelles excessives.

Ils permettent ainsi de diminuer le risque d'échec implantaire.

❖ La prothèse fixe implanto-portée :

Cette solution prothétique sera privilégiée. Elle regroupe plusieurs options thérapeutiques :

○ *Le bridge complet implanto-porté :*

C'est la situation thérapeutique qui se rapproche le plus de l'anatomie naturelle. La structure prothétique est transvissée sur les piliers implantaires. Elle remplace directement les dents sans fausse gencive. Ce type de restauration sera rarement retrouvé dans les cas de réhabilitation prothétique par implants zygomatiques à cause du volume très important à restaurer et du nombre insuffisant d'implants [76,77].

○ *La prothèse fixée sur pilotis :*

Il s'agit d'une prothèse complète fixe, sans palais, et reproduisant les dents et la gencive, transvissée sur les piliers implantaires.

Les dents sont montées sur une armature métallique, la fausse gencive occupe une place majeure puisqu'elle doit remplacer une perte de volume importante, soutenir les lèvres et la musculature péri-buccale [76,77].

○ *La prothèse hybride :*

Cette prothèse se situe à mi-chemin entre le bridge implanto-porté et la prothèse fixée sur pilotis : des contre-armatures supportant la partie cosmétique sont scellées sur une armature métallique. La partie cosmétique comprend une fausse gencive qui permet de compenser l'affaissement des tissus mous et d'éviter l'impression des dents trop longues. Ceci dans le but de conserver une morphologie des rapports dentaires en harmonie avec le sourire du patient [78].



Figure 51 : Prothèse hybride [78]

Outre l'esthétique, une prothèse sera bien tolérée grâce à la qualité de son occlusion. *Davies* préconise de suivre le **principe « EDEC » : Examine, Design, Execute, Check** [79].

Ces principes peuvent être également appliqués à l'implantologie zygomatique :

- o L'*Examen* regroupe une évaluation de l'os résiduel, du système articulaire du patient (articulation temporo-mandibulaire, muscle et occlusion).
- o Le *Design ou conception* est l'étape clé dans l'établissement de la restauration implanto-portée : le choix du concept occlusal et l'emplacement des implants est effectué. C'est le concept prothétique qui guide la chirurgie.
- o L'*Execute ou la réalisation* est la phase chirurgicale, irréversible. Une modification du concept occlusal après cette phase est impossible.
- o La *Surveillance (Check)* est accrue dans une réhabilitation prothétique par implants zygomatiques, l'occlusion doit être intégrée dans le programme de suivi pour contrôler le maintien des contacts choisis initialement.

Afin d'assurer à long terme la stabilité des contacts occlusaux et d'amortir la transmission des contraintes fonctionnelles au niveau des implants, le matériau de reconstitution devra être adapté. Pour la surface occlusale, le matériau utilisé le plus souvent est la résine composite, mais la résine acrylique, la céramique ou les alliages nobles peuvent également être utilisés.

Les complications prothétiques regroupent les complications mécaniques liées à l'accastillage : les **pertes** (par dévissage) ou **fractures de vis** [67] ou **de piliers** ou encore la **fracture de l'infrastructure prothétique** [47,80].

Ces complications ne sont pas spécifiques des implants zygomatiques.

Un cas de **fracture du corps de l'implant zygomatique** a été rapporté [57].

Prévention :

Ces difficultés prothétiques pourraient être contournées en appliquant certains principes :

- Un ajustement passif de la prothèse,
- La réduction de la longueur du cantilever et de l'effet bras de levier,
- La réduction de la dimension vestibulo-palatine et mésio-distale de la prothèse,
- La diminution de l'inclinaison des cuspidés,
- L'élimination des contacts en excursion,
- La centralisation des contacts occlusaux.

Une complication spécifique à l'implantologie zygomatique est **l'émergence palatine des implants zygomatiques** [67].

Outre les difficultés pour le nettoyage de la prothèse, la création d'un porte-à-faux entre l'émergence de l'implant et les dents prothétiques compromet la pérennité prothétique. L'indication d'un montage hybride « métallo-résineux » se pose afin de palier ce problème. Cette prothèse hybride doit être utilisée pour les prothèses définitives.

Sartori et al. [81] en 2012 ont démontré des difficultés de nettoyage de la prothèse dans les zones postérieures.



Figure 52 : Émergence palatine des implants [15]



Figure 53 : Émergence palatine des implants zygomatiques sur séquelle de fente [67]

3.6 Incidence des complications liées aux implants zygomatiques

En avril 2019, une revue systématique [82] a été menée. Elle se base sur 9 articles, 317 patients, et 828 implants zygomatiques. 7 des 9 articles détaillent les complications observées, et concernent 267 patients (84,2%).

Parmi eux 10,9% des patients (n=29) ont présenté une complication. 5,2% ont eu une sinusite (n=14), 1,1% ont subi une perforation de la membrane sinusienne (n=3), 1,5% ont eu une communication ou une fistule oro-antrale (n=4), 0,4% ont eu une péri-implantite (n=1), 0,4% ont subi une pénétration de la cavité orbitaire par un foret ayant entraîné un hématome conjonctif qui s'est résolu spontanément (n=1), 0,4% une infection sinusienne (n=1), 0,4% une paresthésie du nerf infra-orbitaire (n=1), 0,4% une fenestration corticale (n=1), 0,8% un emphysème sous-cutané (n=2) et 0,4% un gonflement à la partie apicale d'un implant zygomatique (n=1).

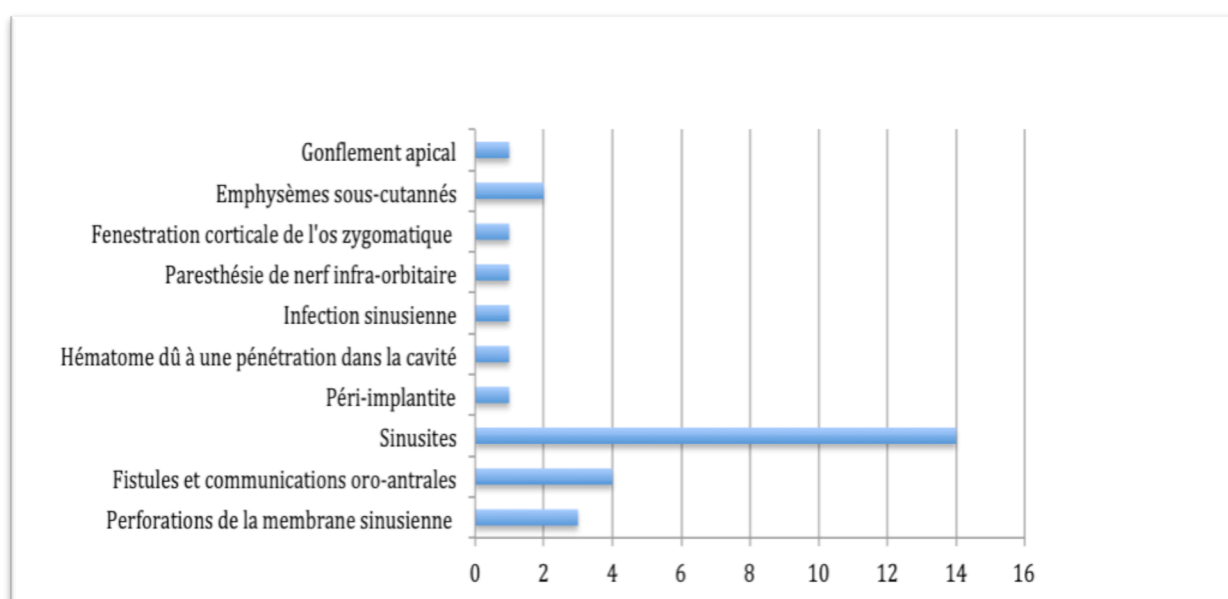


Figure 54 : Répartition des complications générales (par nombre de patients) – Source personnelle

4 Évolution des modalités opératoires et perspectives

Depuis 30 ans, de nombreux travaux ont été effectués pour permettre l'amélioration du taux de survie implantaire des implants zygomatiques. L'évolution des techniques chirurgicales et des concepts prothétiques a permis une diminution majeure des risques et des échecs implantaires.

4.1 Influence des techniques chirurgicales

Le protocole décrit initialement par le Professeur Brånemark a été modifié afin de contourner les principales difficultés rencontrées pendant la chirurgie. Le positionnement optimal de l'implant zygomatique est défini par **l'emplacement de la tête de l'implant**, par **son trajet** et par **la position de l'apex implantaire**. L'emplacement de la tête de l'implant zygomatique doit répondre aux considérations prothétiques afin d'obtenir une biomécanique favorable et de faciliter le maintien de l'hygiène. L'emplacement de l'extrémité de l'implant doit maximiser le contact osseux afin d'améliorer la stabilité primaire. Enfin, le trajet de l'implant doit éviter les structures à risque (orbite, fosse infra-temporale et membrane sinusienne). Afin d'obtenir cette position optimale, le protocole initial a été modifié.

4.1.1 La technique de Stella et Warner dite « sinus slot »

4.1.1.1 Méthode

Cette technique consiste à réaliser une fente d'une taille sensiblement équivalente à la taille du forêt sur la paroi latérale sinusienne de manière à être plus économe en tissu osseux contrairement à la technique Caldwell-Luc utilisée historiquement.

La fente s'étend depuis 5 mm sous la crête alvéolaire jusqu'à la base de l'os zygomatique dans sa partie supérieure et dessine la trajectoire du futur implant.

Le forage débute par une marque à la fraise boule sur la crête édentée, marque qui s'aligne avec la fente du sinus. Ensuite, la pointe du premier forêt est placée au niveau de la marque et le forêt est orienté de manière à ce qu'il pénètre directement jusqu'à la fente. Il est alors dirigé jusqu'à la jonction arc zygomatique / bord latéral de l'orbite pour l'ancrage zygomatique, sous contrôle visuel direct grâce à la fente

sinusienne. Cette étape est très minutieuse, le forage doit rester au maximum dans la paroi latérale du sinus afin de respecter la membrane sinusienne qui n'a pas été réclinée. L'implant s'interpose exactement entre la membrane de Schneider et la face interne du sinus [83-87].

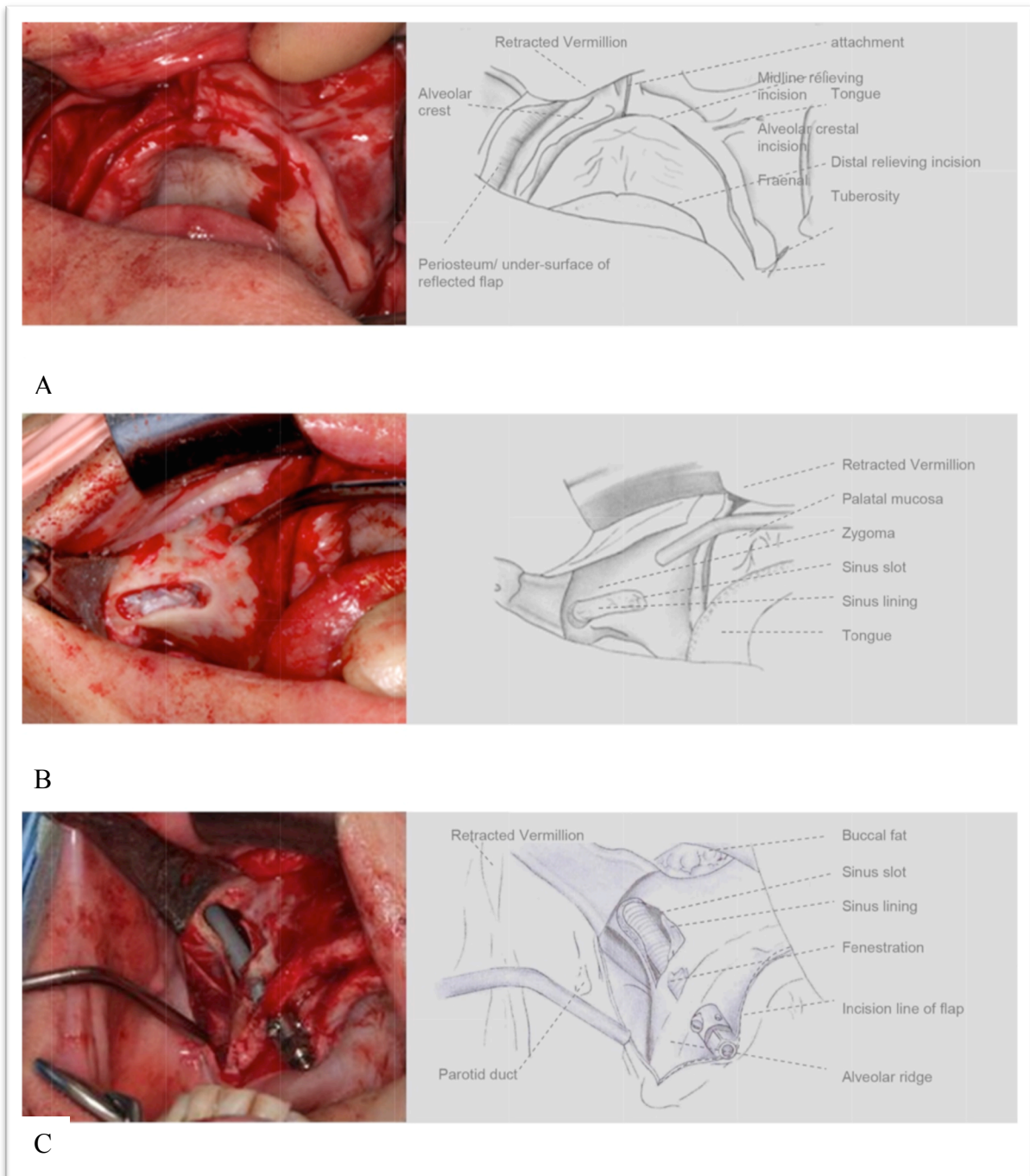


Figure 55 : Sinus slot : A : vue clinique de l'incision et du décollement muco-périosté – B : fente réalisée – C : Mise en place de l'implant [85]

4.1.1.2 Avantages – Inconvénients

Cette technique présente comme principal avantage d'être plus **économique en tissu osseux** et d'éviter l'étape du décollement de la membrane. Le temps de cicatrisation, les suites post-opératoires (douleurs, œdème, ecchymose) et le risque de sinusite seraient diminués avec cette technique **moins invasive**.

La position et l'axe de l'implant sont différents de la technique conventionnelle. L'implant est placé plus latéralement, ce qui **maximise la zone de contact entre l'os et l'implant et accroît la stabilité primaire** ; et son axe est plus vertical, la tête de l'implant est donc plus alignée avec la crête alvéolaire.

En théorie, la tête doit se retrouver moins palatine, en particulier au niveau de la première molaire où elle doit **se situer sur la crête édentée**, mais cliniquement on ne constate que rarement cette position et les difficultés prothétiques (mécanique et défaut d'hygiène) subsistent.

Cette technique a été décrite par de nombreuses équipes. D'après *Boyes-Varley et al* [22], la fente dans le sinus **ne permettrait pas une vision directe suffisante**, notamment au niveau du contrefort de l'os zygomatique, au niveau de l'ancrage de l'implant zygomatique. Le risque de complications et de perforation du mur postérieur avec pénétration dans la fosse infra-temporale serait majoré.

Enfin, le forage est supposé préserver la membrane sinusienne, mais **le passage des forets de l'implant peut endommager la membrane**. En 2007, *Peñarrocha et al.* [88] a montré dans une étude où 40 implants zygomatiques ont été posés avec la technique « *Sinus Slot* », que la membrane était perforée dans 100% des cas.

La technique « *Sinus Slot* » ne permet donc pas une pose optimale des implants zygomatiques, et les complications persistent.

4.1.2 La technique « exteriorized » ou extra-sinus ou extra-maxillaire

En 2006, *Migliorança et al.* [89] décrit une autre technique : la technique « *Exteriorized* ».

Cette technique permet de contourner la principale difficulté des autres techniques : le trajet intra-sinusien, et donc permet de limiter le risque d'apparition de sinusite post-opératoire.

L'implant doit longer la face externe du sinus maxillaire avant de s'ancrer dans l'os zygomatique. Selon la concavité de la face externe du sinus, on parlera d'*implant extra-sinusien* ou d'*implant extra-maxillaire*.

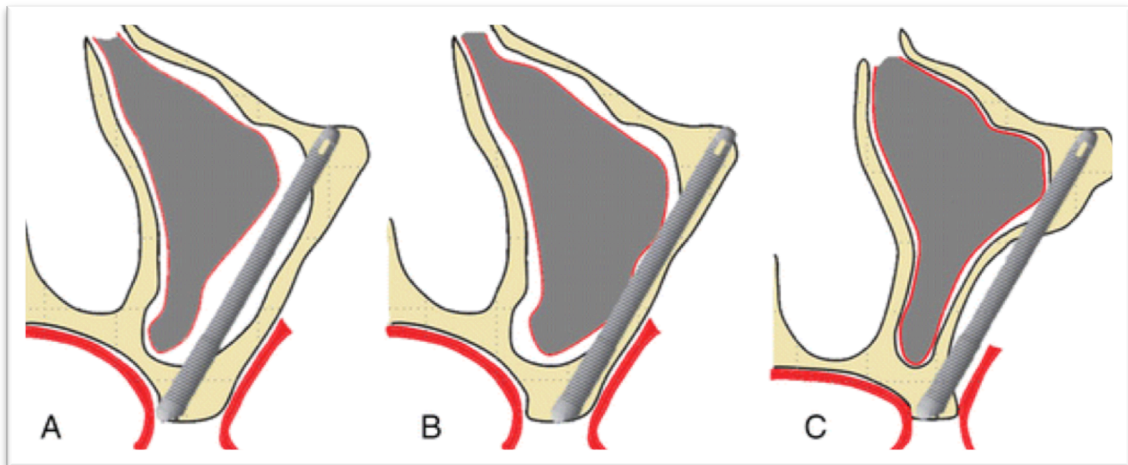


Figure 56 : Schémas des différentes techniques chirurgicales : A : Technique de Brånemark - B : Technique "sinus slot" - C : Technique "exteriorized" [86]

4.1.2.1 Méthode

L'incision est classique, de molaire à molaire avec des incisions de décharge sur les cintres maxillo-zygomatiques.

Le décollement s'effectue en épaisseur totale et les structures anatomiques (nerf infra-orbitaire, os zygomatique, insertion du masséter) sont identifiées. La position et l'axe des futurs implants sont déterminés selon l'anatomie de l'os zygomatique, de la paroi latérale du maxillaire et la position des structures à risque.

Le forage doit se faire le plus postérieurement possible au niveau de l'os zygomatique pour que les implants se retrouvent en position extra-sinusienne. Il faut

néanmoins conserver une distance d'au moins 3mm avec le bord postérieur de l'os zygomatique [90].

Selon la hauteur de la crête alvéolaire et l'anatomie du mur latéral du maxillaire :

- la crête édentée *permettra un ancrage de la tête implantaire* : la crête alvéolaire est traversée de la partie occlusale à la partie vestibulaire. L'implant est dit **extra-sinusien**.

- la crête édentée *ne permettra pas un ancrage de la tête implantaire* : la tête de l'implant longera la crête alvéolaire afin de permettre le forage de l'os zygomatique. L'implant est dit **extra-maxillaire**.

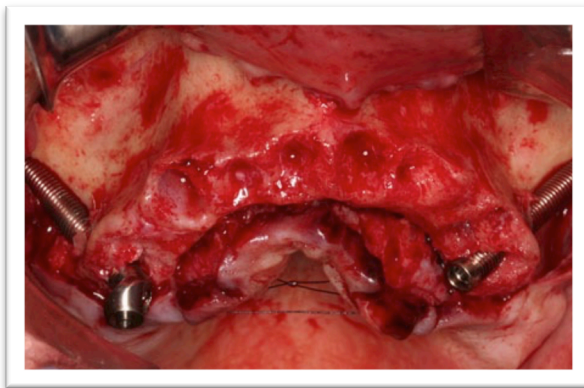


Figure 57 : Vue clinique d'implants zygomatiques extra-sinusiens [91]

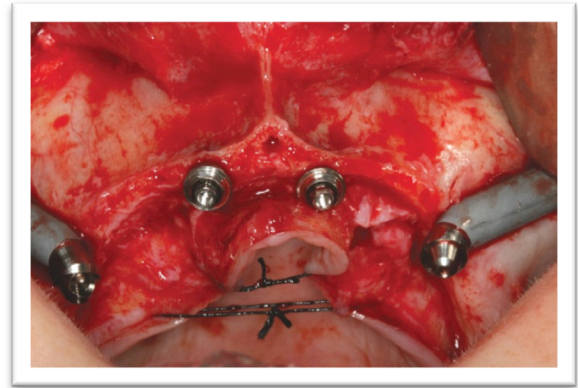


Figure 58 : Vue cliniques d'implants zygomatiques extra-maxillaires [90]

Le forage commence par le marquage sur l'os zygomatique du point d'entrée de l'implant. On utilise ensuite la séquence classique des forets selon la densité osseuse de l'os zygomatique.

La membrane sinusienne est donc préservée intacte pendant toute la durée du forage.

L'implant sera posé avec un contrôle visuel total. Pour une bonne stabilité primaire *P. Malo et al.* recommande une insertion avec un torque de 35N/cm minimum [90].

L'implant est donc en dehors du sinus en contact avec la paroi externe de celui-ci.

L'émergence de la tête implantaire est déterminée par l'opérateur, il n'y a pas de contrainte liée à la paroi sinusienne. L'implant peut donc être placé dans la région postérieure au niveau de la première molaire et en antérieur dans la zone de

l'incisive latérale sur la crête édentée. Comme pour la technique classique, les lambeaux seront suturés avec des points simples et des points matelassiers.

Uniquement ancré dans l'os zygomatique, l'implant extra-maxillaire tient sa stabilité primaire exclusivement de l'os zygomatique. *Corvello et al.* [21] a néanmoins montré que le positionnement plus latéral des implants permet une pénétration plus profonde dans l'os zygomatique, suffisant à rendre la stabilité primaire des implants extra-maxillaires supérieure à la stabilité primaire des implants posés avec la technique classique.

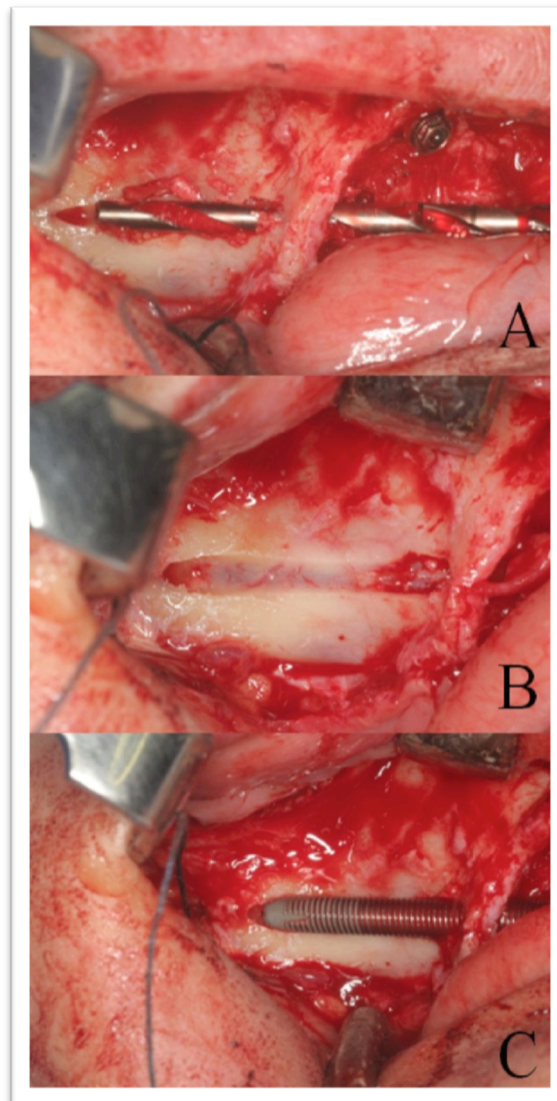


Figure 59 : Méthode « exteriorized » : A : Forage – B : Membrane sinusienne préservée – C : Mise en place de l'implant [89]

4.1.2.2 Avantages – Inconvénients

Cette nouvelle méthode possède de nombreux avantages :

N'ayant besoin ni de fenêtré, ni de fente sinusienne, cette technique contourne la difficulté majeure des autres techniques et théoriquement, **élimine le risque de sinusite**. Cependant, un contact avec la membrane sinusienne peut exister juste avant la perforation de l'os zygomatique, dans la partie la plus supérieure.

Le **contrôle visuel** de l'opérateur est total.

Les patients qui présentent une concavité importante de la paroi de l'os maxillaire, anatomie qui contre-indiquait la pose d'implants zygomatiques avec les techniques classique ou «Sinus Slot » puisque la réalisation d'une fenêtré ou d'une fente était impossible peuvent être pris en charge.

L'absence d'ostéotomie au niveau du sinus rend l'**opération chirurgicale moins invasive**, cela réduit le temps chirurgical, permet une meilleure cicatrisation et réduit le risque de douleurs, d'œdèmes ou d'ecchymoses.

Les émergences des têtes d'implants sur la crête édentée rendent la **réhabilitation prothétique plus adaptée**, plus confortable et moins soumise aux contraintes mécaniques (effet cantilever).

L'utilisation de cette technique a néanmoins montré des effets indésirables :

Les forces occlusales sont concentrées sur le dernier tiers de l'implant et cela pourrait entraîner des **problèmes mécaniques**. En effet, différentes équipes (*Wen et al.* [92] et *Freedman et al.* [93]) ont montré que l'os entourant les implants zygomatiques posés selon la méthode extra-maxillaire était plus sensible à la **résorption osseuse** en raison de la répartition des contraintes [94].

D'autre part, cette méthode augmente le **risque d'exposition vestibulaire** des implants, de mucosite ou de péri-implantite.



Figure 60 : Vue clinique d'un Zygoma Quad All-on-Four. Les deux implants antérieurs sont exposés. La surface rugueuse et le filetage rendent l'hygiène plus difficile [95]

L'apparition de cette nouvelle complication peut être limitée par l'utilisation du corps adipeux de la joue pour recouvrir les implants. C'est la **méthode de plastie de la boule de Bichat de De Moraes / Guennal** [94,95].

Il sera mis en évidence lors de l'intervention par une incision et le décollement du périoste dans la zone des dents de sagesse. Une traction douce du corps adipeux de la joue avec une pince atraumatique permet de le déplacer vers l'avant et le bas afin de recouvrir les implants. Il sera suturé autour des implants puis recouvert par le lambeau muco-périosté.

Habituellement, la couverture de l'implant est obtenue plus facilement sur l'implant postérieur. Il peut être plus difficile à réaliser sur l'implant antérieur dans le cas de Zygoma Quad.

La dissection doit être faite avec le plus grand soin pour éviter une traction trop importante. La présence de lobules graisseux le long de la suture ne pose pas de problème, ils s'épithélialiseront quelques jours après la chirurgie.

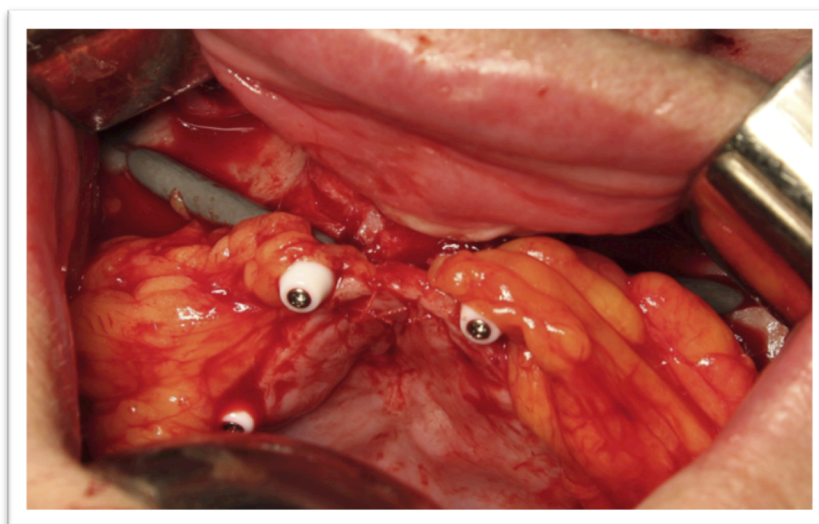


Figure 61 : Vue clinique de la couverture des implants avec le corps adipeux de la joue pendant la procédure chirurgicale [95]

4.1.2.3 Taux de survie

La revue de littérature [82] menée en 2019 a mis en évidence les taux de survie implantaire en fonction de la technique chirurgicale employée.

Les taux de survie retrouvés sont comparables à ceux retrouvés dans les autres publications [96,97].

<u>Technique chirurgicale</u>	<u>Nombre d'implants zygomatiques</u>	<u>Nombre d'échecs implantaires</u>	<u>Taux de survie implantaire</u>
Extra-maxillaire	134	1	99,3%
Brånemark	244	1	99,6%
Sinus Slot	44	1	97,7%
Insertion dans processus zygomatique de l'os maxillaire	107	0	100%
Extra-sinusienne	94	1	98,9%

Figure 62 : Tableau résumant le taux de survie implantaire en fonction de la technique chirurgicale employée [96]

Concernant la technique chirurgicale employée, la technique d'insertion apicale de l'implant zygomatique dans le processus zygomatique de l'os maxillaire semblait être la meilleure, avec un taux de survie implantaire égal à 100%.

Il s'agit d'une technique introduite par *Fortin et Al.* [98] en 2017, qui vise à modifier le point de fixation apicale de l'implant, pour réduire les troubles sinusiens post-opératoires et pour améliorer le design prothétique. Des réserves sont néanmoins à émettre quant à cette technique : seuls 58 patients ont été traités (107 implants posés). Les complications implantaires ou prothétiques apparaissent dans le temps, avec la mise en fonction quotidienne des réhabilitations, il est donc logique de constater un meilleur taux de survie pour un recul clinique faible.

Les taux de survie très satisfaisants retrouvés pour chacune des techniques chirurgicales semblent confirmer l'efficacité et la fiabilité de cette technique. En revanche ils ne permettent pas de conclure à une différence significative entre la technique employée et le taux de survie implantaire. Bien que l'apparition de complications ou d'échecs implantaires semble rare, il faut être prudent en interprétant ces résultats, les opérateurs ne publient pas forcément leurs complications, préférant publier les succès implantaires plutôt que les échecs. Il faut donc considérer ces résultats avec prudence et nuancer le succès des différentes techniques.

4.2 Influence du profil anatomique

4.2.1 La classification « ZAGA » : Zygoma Anatomy Guided Approach

En 2011, *Aparicio A et al.* [99] a établi la **classification ZAGA : Zygoma Anatomy Guided Approach** (approche guidée par l'anatomie zygomatique).

Le but de cette classification est d'aborder l'implantologie zygomatique en étudiant l'anatomie (crête maxillaire, mur latéral du sinus et os zygomatique) de chaque patient et en considérant la réhabilitation prothétique, afin d'obtenir une émergence de la tête implantaire idéale pour la future prothèse [27].

En effet, chez les patients qui présentent une paroi latérale sinusienne concave, la technique chirurgicale du Pr Brånemark est difficile à utiliser puisque le trajet intra-sinusien entraîne une émergence de la tête de l'implant trop palatine. La conséquence de l'émergence palatine est la confection d'une prothèse volumineuse déportée en palatin, engendrant des problèmes d'hygiène, de phonation et d'inconfort [100,101].

Une approche plus prothétique et plus anatomique a donc été développée et le protocole initial modifié permettant également une voie extra-sinusienne pour les implants. Le chemin du corps de l'implant varie de l'intra-sinusien total à l'extra-sinusien total.

L'étude menée a permis de mettre en évidence cinq groupes, selon des profils anatomiques différents ; de ZAGA 0 à ZAGA 4.

Elle a été réalisée sur un échantillon de 100 patients édentés totaux, 62 femmes et 38 hommes. Les pourcentages des anatomies rencontrées sont les suivants :

ZAGA 0 15%, ZAGA 1 49%, ZAGA 2 20,5%, ZAGA 3 9% et ZAGA 4 6,5%. Pour 58% des patients, il existe une asymétrie entre les côtés droit et gauche : il faudra alors préciser la classe ZAGA pour chaque côté.

Groupe 0 (0 ZAGA) :

La paroi latérale du sinus est plate. (Absence de concavité).

La tête de l'implant est située sur la crête alvéolaire.

Le corps de l'implant a un trajet intra-sinusien.

L'implant est en contact avec l'os de la crête alvéolaire, la paroi latérale du sinus et l'os zygomatique.

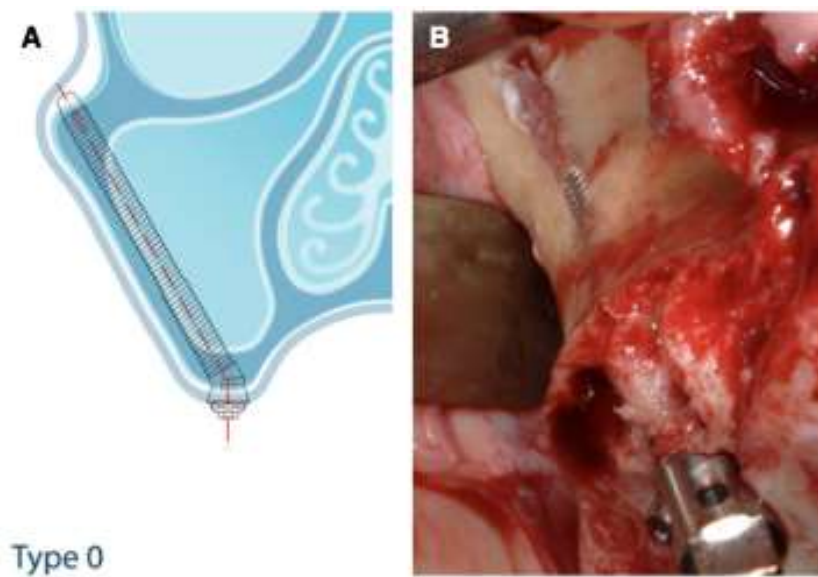


Figure 63 : ZAGA 0 - A : Cas schématique – B : Exemple clinique : Implant en position intra-sinusienne [99]

Groupe 1 (ZAGA 1) :

La paroi latérale du sinus est légèrement concave.

La tête de l'implant est située sur la crête alvéolaire.

Le forage est réalisé à travers le mur du sinus pour la majeure partie. Une petite partie peut être visible sur la face externe.

L'implant est en contact avec l'os de la crête alvéolaire, la paroi latérale du sinus et l'os zygomatique.

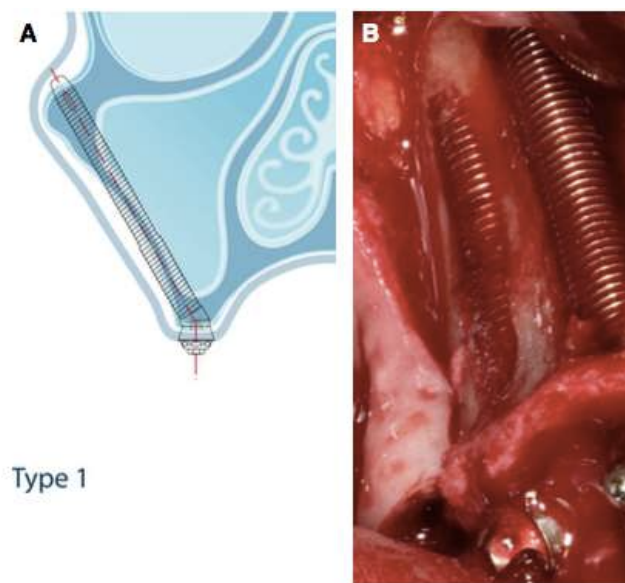


Figure 64 : ZAGA 1 - A : Cas schématique – B : Exemple clinique : Implant dans la paroi latérale du sinus [99]

Groupe 2 (ZAGA 2) :

La paroi latérale du sinus est concave.

La tête de l'implant est située sur la crête alvéolaire.

Le forage a effectué l'ostéotomie à travers la paroi.

La majeure partie du corps de l'implant a un chemin extra-sinusien ; il n'y a pas d'espace entre le corps de l'implant et la paroi latérale du sinus.

L'implant vient en contact avec l'os de la crête alvéolaire, la paroi du sinus latéral et l'os zygomatique.

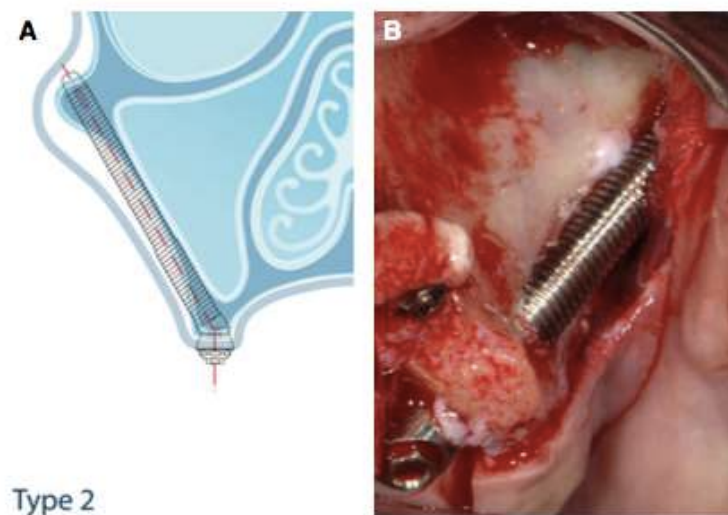


Figure 65 : ZAGA 2 - A : Cas schématique – B : Exemple clinique : Implant extra-sinusien ou juxta-sinusien [99]

Groupe 3 (ZAGA 3) :

La paroi latérale du sinus est très concave.

La tête de l'implant est située sur la crête alvéolaire.

Le forage suit une trajectoire qui va du versant palatin au versant vestibulaire de la crête alvéolaire, pénètre ensuite la corticale de l'os zygomatique. Il ne touche pas le mur latéral du sinus.

L'implant a un trajet totalement extra-sinusien. La partie centrale de celui-ci n'a pas de contact avec le mur sinusien.

L'implant est en contact avec l'os alvéolaire et avec l'os zygomatique.

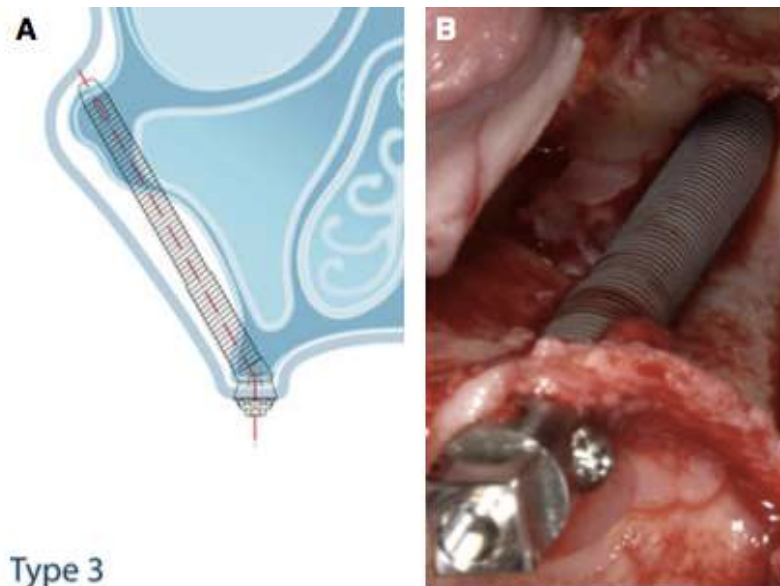


Figure 66 : ZAGA 3 - A : Cas schématique – B : Exemple clinique : Implant extra sinusien pur [99]

Groupe 4 (ZAGA 4) :

La paroi latérale du sinus est extrêmement concave.

Verticalement et horizontalement il y a une atrophie de la crête alvéolaire et du maxillaire.

La tête de l'implant est située en vestibulaire de la crête alvéolaire. Il n'y a pas ou peu d'ostéotomie à ce niveau.

Le forage n'intéresse que l'os zygomatique et a un trajet complètement extra-sinusien.

Le trajet de l'implant est extra-sinusien et extra-maxillaire. Seule la partie apicale de l'implant présente un contact osseux.

L'implant vient en contact avec l'os zygomatique et une partie de la paroi latérale du sinus.

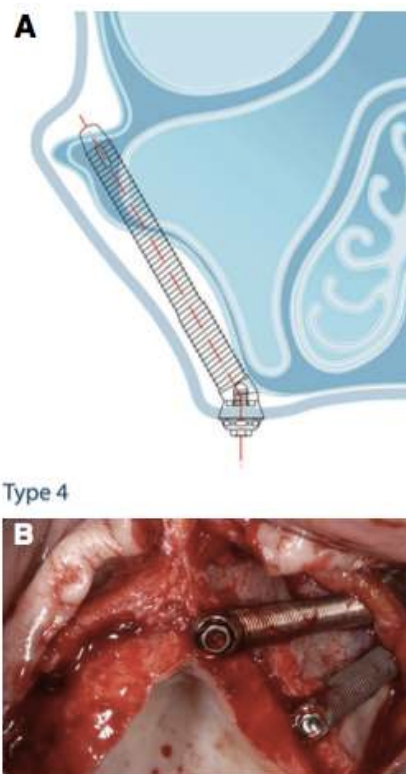


Figure 67 : ZAGA 4 - A : Cas schématique – B : Exemple clinique : Implant extra-maxillaire et extra-sinusien [99]

Tableau récapitulatif en annexe

4.2.2 Les travaux de mesure de « BIC » : Bone-to-Implant Contact

L'équipe de *Hung et al.* [102] à Shanghai a déterminé les zones anatomiques de l'os zygomatique où l'épaisseur et la densité osseuse sont les plus favorables pour positionner de façon optimale les implants zygomatiques dans le cadre d'un Quad zygoma et de trouver un « BIC » le plus élevé en évitant les structures adjacentes à risque.

Leurs analyses ont montré que le « BIC » était le plus élevé dans les régions A3 et B1.

Ces zones représentent donc les zones optimales de placement de l'apex de chaque implant zygomatique dans le cadre d'un Quad Zygoma [102].

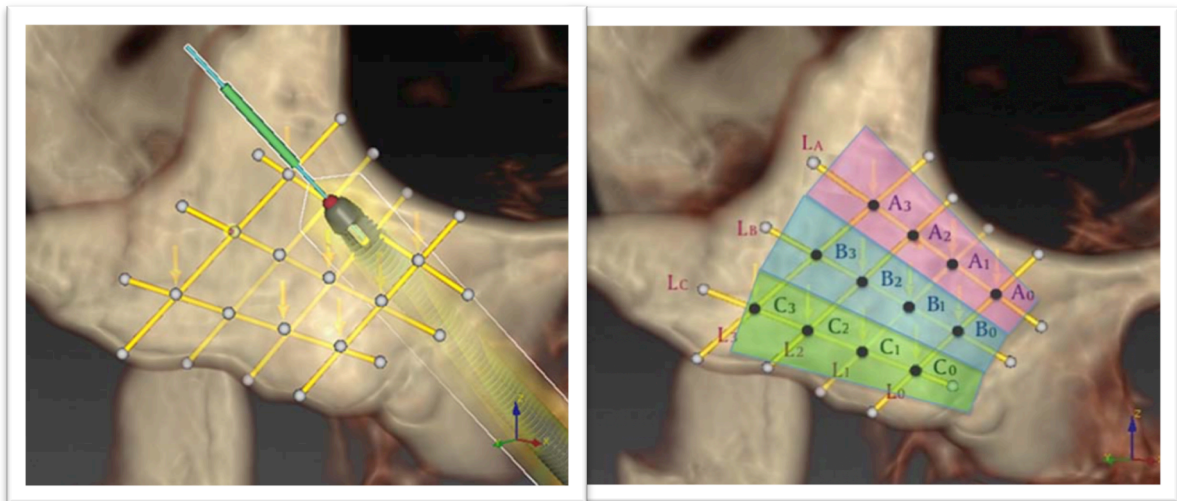


Figure 68 : Zone optimale de placement de l'apex de l'implant zygomatique correspondant aux zones A3 et B1 [102]

4.3 Apport des nouvelles technologies

4.3.1 Les techniques « flapless » ou « computer-guided »

Les différentes méthodes décrites précédemment permettent une mise en place des implants zygomatiques dans une position optimale mais la difficulté reste le transfert de la planification durant l'intervention. Afin d'obtenir des résultats prothétiques plus favorables et d'optimiser les résultats du traitement, les systèmes de navigation implantaire (navigation statique et dynamique) ont été appliqués à l'implantologie zygomatique.

Une technique « flapless » est littéralement une technique « sans lambeau », par extension, il n'y a donc peu ou pas d'incision. Couramment utilisées en implantologie classique, ces techniques commencent à être utilisées en implantologie zygomatique. On distingue deux types :

-la *technique « micro-invasive »*, avec guide chirurgical personnalisé,

-la *technique avec assistance per-opératoire*, « computer and image guided ».

Elles sont basées sur le même principe, **l'utilisation du CBCT et d'un guide chirurgical personnalisé.**

4.3.1.1 La technique micro-invasive avec guide chirurgical personnalisé

On parle aussi de *navigation statique* ou de *robotique semi-active*.

Grâce au CBCT ou au CT-Scan, le chirurgien peut obtenir la reconstruction en 3D de l'anatomie du patient. A partir de celle-ci, la planification de la réhabilitation implantaire et de la position des implants (position / angulation) va être faite pour ensuite permettre la création d'un modèle personnalisé pour chaque patient.

Le principe est de créer un modèle en résine, parfaitement adapté à l'anatomie du patient à implanter. Le modèle en résine est percé selon la position idéale du point d'émergence de l'implant sur la corticale osseuse du maxillaire et selon un axe correspondant à l'axe implantaire optimal déterminé lors de la planification.

Le guide est produit par stéréolithographie et est une réplique du résultat prothétique voulu [103,104].

Le guide permettra donc théoriquement une parfaite transposition entre la planification et la situation clinique, intra-orale [105].

Une maquette du maxillaire du patient, présentant les différents repères anatomiques osseux est également créée, par stéréolithographie également. Cela permet au chirurgien une planification optimale de l'opération en simulant celle-ci à l'avance.



Figure 69 : Guide chirurgical personnalisé produit par stéréolithographie [103]



Figure 70 : Vérification des forages sur la maquette zygomatico-maxillaire produite par stéréolithographie [103]

4.3.1.1.1 Méthode

Pendant la chirurgie, le chirurgien pose le guide chirurgical en bouche et le fixe grâce à des implants antérieurs préalablement mis en place plusieurs mois en amont et ostéointégrés ou bien grâce à des vis d'ostéosynthèse au maxillaire [91].

Le chirurgien peut alors passer les différents forets par les trous percés préalablement sans avoir incisé ni décollé, puis mettre en place les implants.



Figure 71 : Vue clinique d'une chirurgie en technique "Flapless", avec guide chirurgical personnalisé stabilisé par vis d'ostéosynthèse [103]

4.3.1.1.2 Avantages

Le plus gros avantage de la chirurgie sans lambeau est de réduire certaines complications :

La cicatrisation est plus favorable : il n'y a pas de décollement, les phénomènes inflammatoires sont réduits, il y a peu de saignements, et l'œdème post-opératoire est réduit.

La **précision** de la pose d'implants par chirurgie assistée par ordinateur est augmentée, avec une diminution des problèmes prothétiques et d'effraction du sinus [106].

Le **confort** per et post-opératoire du patient est augmenté, grâce à la diminution du temps chirurgical ainsi qu'une diminution de la douleur et de l'anxiété.

Le **protocole est plus sécurisant** pour l'opérateur.

4.3.1.1.3 Inconvénients

Un **manque de précision du guide** ou une **mauvaise stabilité** peuvent être à l'origine d'erreur dans la mise en place des implants. En effet il peut survenir des imprécisions pendant l'acquisition de l'imagerie 3D, pendant la fabrication du guide et pendant le positionnement du guide.

Les **modifications per-opératoire de la position de l'implant ne sont pas possibles.**

Selon *Chrcanovic et al.* [107], l'opérateur ne présente en réalité qu'un contrôle sur le point d'entrée des forets dans l'os zygomatique. La trajectoire de forage n'est pas contrôlée, par conséquent un écart entre la position réelle et la position prévue de l'implant est inévitable et le risque de déviation vers la région orbitaire ou la fosse infra-temporale subsiste [104].

Cette technique doit donc être réévaluée puisque de larges déviations ont été notées. Selon l'auteur, afin d'améliorer le résultat final, il est recommandé d'utiliser cette technique avec la technique de la fente sinusienne.

Chow et al. [108] a conçu un dispositif pour augmenter la précision du guide et appliquer la chirurgie guidée à l'implantologie zygomatique. Il s'agit d'un guide de forage qui se compose de deux têtes alignées sur le même axe qui guident le foret du point d'entrée au point de sortie.

Les deux têtes sont des anneaux métalliques reliés par un bras coulissant. La tête d'entrée devra être placée au niveau du guide chirurgical et la tête de sortie devra être placée sur la base de l'os zygomatique.

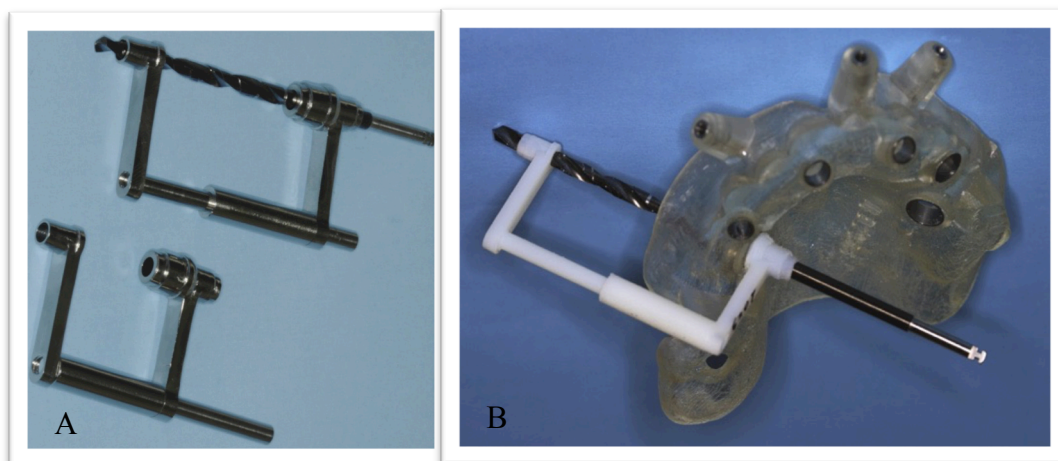


Figure 72 : (A) Guide de forage au stade de prototype) – (B) : Guide de forage assemblé au guide stéréolithographique du patient [108]

Lors du passage du foret dans le guide chirurgical, le foret pénètre dans la tête d'entrée et s'engage dans la tête de sortie avant de perforer l'os zygomatique. L'alignement coaxial des deux têtes du guide limite toute déviation de la pointe du foret.

Néanmoins ce dispositif reste très encombrant et le recul clinique sur cette méthode est extrêmement faible puisque seuls 5 patients ont pu bénéficier de ce type de chirurgie guidée.

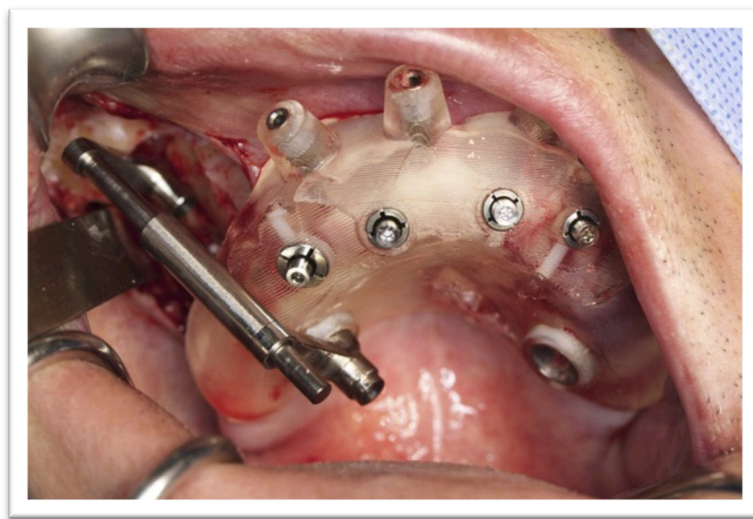


Figure 73 : Guide de forage placé sur le guide stéréolithographie pendant la chirurgie [108]

4.3.1.2 La technique dite « computer-guided »

La *navigation chirurgicale dynamique* ou *robotique passive* utilise la détection des mouvements : la **technologie « motion-tracking »**.

Ce type de chirurgie utilise un système de navigation chirurgicale qui reproduit exactement la position virtuelle de l'implant, directement à partir des données topographiques informatisées. Elle permet de minimiser les risques et d'améliorer la précision de la chirurgie [109-111].

Cela consiste en un repérage, en tant réel, en trois dimensions, de la position des instruments et du patient. Les différentes positions sont corrélées et mises en relation avec la planification précédemment réalisée et le planning opératoire. Le plan de traitement est directement transmis au site opératoire [110].

Cette méthode a été décrite par *Schramm et al.* en 2000.

4.3.1.2.1 Méthode

La relation entre le chirurgien et ses instruments et les informations fournies par l'ordinateur s'établie grâce à des capteurs présents sur le patient et sur les instruments. La position des forets est connue grâce à une reconstruction 3D. Grâce à une caméra infra-rouge et au principe de triangulation, chaque mouvement est suivi en temps réel. La position du patient, les détails anatomiques, et la position du foret sont retransmis sur un écran en continu.

La navigation chirurgicale ne dispense pas des étapes inhérentes à la conception d'un projet prothétique : **diagnostic clinique** (empreinte, montage sur articulateur, wax-up, analyse occluso-prothétique et montage directeur), **radiologique**, et **planification de la chirurgie**.

La différence avec les autres systèmes de chirurgie guidée, et notamment avec les systèmes de robotiques semi-actives (les guides chirurgicaux), est la **solidarisation du guide radiologique avec l'arc de navigation avant l'examen radiologique** [110].

À ces étapes s'ajoute la **préparation de l'instrumentation** [112] :

- préparation de la gouttière (ou arc) de navigation : sans altérer celle-ci, il faudra la modifier afin d'avoir accès au site à implanter, et y installer les « trackers » ou récepteurs optiques réfléchissants.

- préparation de la pièce à main : comme pour la gouttière, installation des trackers.

- préparation de la caméra : la position de la caméra devra être un équilibre entre la proximité avec les trackers mais sans gêner l'opérateur. Une perte de signal sera rencontrée dès lors qu'un élément physique passera entre les récepteurs réfléchissants et la caméra.

Après ces étapes, un étalonnage du système est à effectuer afin de vérifier la bonne calibration du dispositif et le bon fonctionnement de la calibration.

Pendant l'étape chirurgicale, l'opérateur se réfère à l'écran : une cible représente le centrage de l'instrument, une jauge indique la profondeur du foret et son axe. Des codes couleurs sont utilisés en temps réel.

A chaque changement d'instrument, un nouveau calibrage est nécessaire.

Ce protocole s'applique au pointage, au forage et à la mise en place de l'implant zygomatique.

Cas du X-Guide : [113,114]

C'est une unité centrale surmontée d'un ordinateur et d'un bras portant la caméra optique qui fonctionne avec des instruments de repérage et de calibrage, ainsi que des X-clip. Ce sont des marqueurs à fixer aux dents du patient, reconnaissables optiquement et radiologiquement.

Le patient passe le CBCT avec le X-clip, ce qui permet à l'unité centrale de localiser cliniquement la position des dents et de la mâchoire par rapport au CBCT et à la planification faite sur le logiciel ; elle superpose alors la situation clinique à la situation radiologique.

Une planification précise doit être effectuée avant de débiter l'intervention. Ensuite l'opérateur doit calibrer 3 éléments :

- le marqueur du patient (le X-clip surmonté d'un cylindre repérable par la machine),
- le marqueur de la pièce à main, vissé au contre-angle,
- le fonctionnement du contre-angle, calibré en rotation à vitesse lente.

La navigation peut ensuite commencer : l'écran indique la position du contre-angle et l'axe à suivre. Au cours du forage la profondeur est également donnée et la pose de l'implant est elle aussi naviguée.



Figure 74 : Unité centrale du système X-Guide [1]

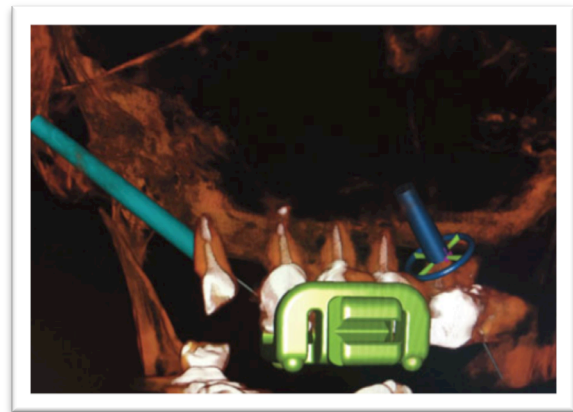


Figure 75 : Vue de la planification chirurgicale sur le logiciel X-Guide [114]

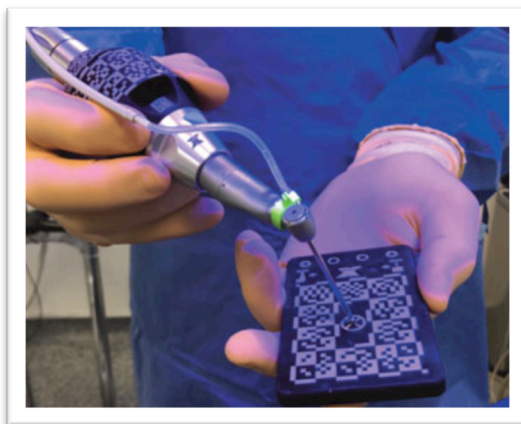


Figure 76 : Vue opératoire de la calibration des forets [114]

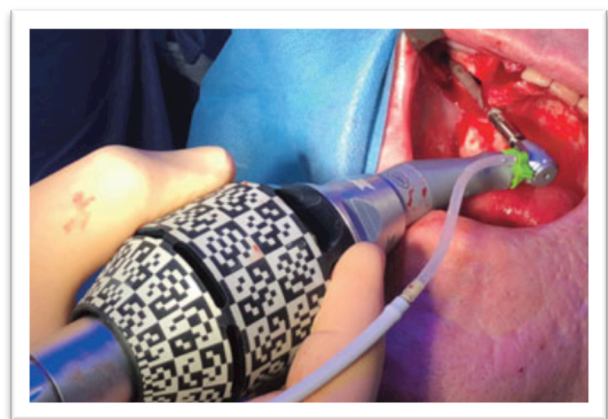


Figure 77 : Vue opératoire de l'implant zygomatique en navigation [114]

4.3.1.2.2 Avantages

Ce type de chirurgie offre la possibilité au chirurgien de voir en temps réel et dans toutes les dimensions de l'espace la position des instruments par rapport aux structures anatomiques à risque à protéger. Il reste libre de ses mouvements et peut à tout moment modifier la planification précédemment réalisée ; il est uniquement **guidé virtuellement par l'ordinateur**.

Cette méthode moins invasive diminue les risques liés à la chirurgie et à la région anatomique.

La position de la pointe du foret est contrôlée en permanence, avec la possibilité de pouvoir rectifier à tout instant l'axe du forage, ce qui permet une plus grande **précision de l'axe et de la position de l'implant**.

Enfin, une transcription extrêmement précise du plan de traitement prothétique à la chirurgie est possible.

Pour *Xiaojun et al.* [115], cette méthode est la technique de choix pour les opérations sur des sites complexes.

4.3.1.2.3 Inconvénients

Comme pour la chirurgie guidée, une des difficultés de la navigation chirurgicale appliquée aux édentements totaux est la stabilisation de la gouttière supportant les trackers. Une erreur dans le placement de la gouttière entraînera une erreur dans le placement des implants.

Un autre inconvénient de cette technique est le faible recul scientifique et clinique, le nombre de cas rapporté est faible, expliqué par un coût de l'opération important et un temps opératoire augmenté.

AVANTAGES		INCONVÉNIENTS	
CHIRURGIE NAVIGUÉE	CHIRURGIE GUIDÉE	CHIRURGIE NAVIGUÉE	CHIRURGIE GUIDÉE
Précision	Recul clinique et scientifique	Taille de la machine	Durée
Rapidité	Coût faible	Pas d'anticipation sur la prothèse provisoire	Guide non stérile
Asepsie chirurgicale	Anticipation de la prothèse provisoire	Nécessite de faire l'imagerie avec le X-clip	Irrigation limitée
Flexibilité	Accessible à tout type de praticien	Procédure impossible si le X-clip n'est pas positionnable ou mobile	Pas de changement en cours d'intervention
Indépendant de l'ouverture de bouche	Nombreux logiciels	Coût	Faible visibilité du champ opératoire
Dégagement du site opératoire			
Contrôle de la précision per opératoire			

Figure 78 : Tableau résumant les principaux avantages et inconvénients des techniques « computer-guided » [114]

Les techniques d'implantologie assistée par ordinateur semblent simplifier la procédure, mais elle ne l'est qu'au moment de la chirurgie et la courbe d'apprentissage de ces techniques est longue et complètement opérateur dépendant. En effet, les étapes préalables de réflexion demandent une rigueur extrême et en sont complexifiées.

Ces techniques ne dispensent pas de l'expérience chirurgicale du praticien qui devra reprendre la main en cas de complications avec le guide ou avec le système de navigation.

L'implantologie zygomatique reste donc réservée à des praticiens formés chirurgicalement et expérimentés.

5 Conclusion

L'apport des implants zygomatiques a permis d'augmenter considérablement le nombre de cas traités, notamment les patients « réfractaires » à la greffe osseuse, en particulier ceux en phase de résorption terminale.

Par sa fiabilité et sa reproductibilité, l'implantologie zygomatique s'intègre dans l'arsenal thérapeutique du chirurgien-dentiste formé à cette technique.

La mise en place d'implants zygomatiques dans les maxillaires atrophiques reste cependant une intervention complexe pour laquelle les risques et complications doivent être mis en balance avec les résultats fonctionnels de la réhabilitation prothétique.

L'expérience chirurgicale, la connaissance approfondie de l'anatomie cranio-faciale ainsi que la gestion rigoureuse des différents accidents et complications potentiels sont des prérequis obligatoires.

Le risque de complications diminue avec l'expérience chirurgicale. Il est important de favoriser les programmes de formations visant à diminuer la courbe d'apprentissage et les risques de complications des implants zygomatiques.

L'apport des nouvelles technologies au service de la chirurgie permet également d'apporter plus de sécurité au praticien. La navigation implantaire est une véritable avancée dans ce domaine. A court ou moyen terme, la navigation chirurgicale deviendra un outil de référence permettant une reproduction identique de la planification initiale dont l'objectif est d'améliorer le positionnement des implants et de réduire significativement le risque de complications.

Références bibliographiques

1. Gaudy J-F, Cannas B, Gillot L, Charrier J-L, Vacher C. Atlas d'anatomie implantaire. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2011. (Techniques dentaires).
2. Visible Body : Human anatomy atlas. Wolters Kluwer; 2017.
3. JOACHY A. Implantologie zygomatique : évolution des techniques chirurgicales 2017 [Thèse de Docteur en Chirurgie Dentaire]. Lyon.
4. Kamina P. TETE, COU, DOS. 4^e éd. Maloine; 407 p. (Anatomie Clinique; vol. 2).
5. Malevez C. Le concept de l'ancrage zygomatique dans l'édentation totale. Rev Stomatol Chir Maxillofac. 2012;113(4):299–306.
6. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. Int J Oral Maxillofac Surg. 1988; 17(4):232-236.
7. Boutault F, Paoli J-R, Lauwers F. Reconstruction chirurgicale des pertes de substance des maxillaires. EMC - Stomatol. 2005;1(3):231–53.
8. CHAGNAUD C. Traumatismes des sinus de la face. J Radiol. 2003;84(7-8):941-3.
9. Laccourreye L, Dubin J. Communications bucco-naso-sinusiennes. EMC (Elsevier, Paris), Oto-rhino-laryngologie, 2001, 20: 480-10. 6.
10. CLEMENT P, LE GUYADEC T, ZALAGH M, GAUTHIER J, N'ZOUBA L, KOSSOWSKI M. Manifestations bucco-naso-sinusiennes des maladies infectieuses spécifiques. EMC (Elsevier, Paris), Oto-Rhino-laryngologie, 2005, 2:198-217.
11. Lanigan DT, Hey JH, West RA. Aseptic necrosis following maxillary osteotomies: report of 36 cases. J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg. 1990;48(2):142–56.
12. Karl M, Albrektsson T. Int J Oral Maxillofac Implants 2017;32(4):717–734.
13. Verdino J, Louvet T, Moal J. L'implant à ancrage zygomatique. Une alternative à la greffe osseuse. L'information Dentaire. 2010;1:17-23.
14. Malevez C, Daelemans P, Adriaenssens P, Durdu F. Use of zygomatic implants to deal with resorbed posterior maxillae. Periodontol 2000. 2003;33(1):82–9.
15. Aparicio C, Ouazzani W, Hatano N. The use of zygomatic implants for prosthetic rehabilitation of the severely resorbed maxilla. Periodontol 2000. 2008;47(1):162–71.
16. Gil SG, Diago MP, Martínez JB, Bowen EM. Rehabilitation of severely resorbed maxillae with zygomatic implants: An update. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2007;12(3):216-20.

17. O'Connel JE, Cotter E, Kearns GJ. Maxillary reconstruction using zygomatic implants: a report of two cases. *Journal of the Irish Dental Association*. 2011;57(3):146-55.
18. Otto T, Held U, Rohner D. Une alternative thérapeutique en cas d'atrophie sévère du maxillaire? Présentation d'un cas clinique. *Rev Mens Suisse Odontostomol*. 2010;120(1):43-50.
19. Al-Nawas B, Wegener J, Bender C, Wagner W. Critical soft tissue parameters of the zygomatic implant. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*. 2004;31(7):497-500.
20. Pi-Urgell J, Mir-Mari J, Figueiredo R, Gay-Escoda C. Rehabilitation of atrophic maxillas using zygomatic implants. 2008;13(6):363-70.
21. Corvello PC, Montagner A, Batista FC, Smidt R, Shinkai RS. Length of the drilling holes of zygomatic implants inserted with the standard technique or a revised method: A comparative study in dry skulls. *J Cranio-Maxillofac Surg*. 2011;39(2):119–23.
22. Boyes-Varley JG, Howes DG, Lownie JF, Blackbeard GA. Surgical modifications to the Brånemark zygomaticus protocol in the treatment of the severely resorbed maxilla: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2003;18(2):232–7.
23. Sherry JS, Balshi TJ, Sims LO, Balshi SF. Treatment of a severely atrophic maxilla using an immediately loaded, implant-supported fixed prosthesis without the use of bone grafts: A clinical report. *J Prosthet Dent*. 2010;103(3):133–8.
24. Brånemark P, Gröndahl K, Öhrnell L, Nilsson P, Petruson B, Svensson B et al. Zygoma fixture in the management of advanced atrophy of the maxilla: technique and long-term results. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 2004;38(2):70-85.
25. Davo R, Pons O, Rojas J, Carpio E. Immediate function of four zygomatic implants: a 1-year report of a prospective study. *Eur J Oral Implantol*. 2010;3(4):323–34.
26. Bedrossian EA. Rehabilitation of the edentulous maxilla with the zygoma concept: a 7-year prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2010;25(6):1213–21.
27. Aparicio C, Manresa C, Francisco K, Claros P, Aláñez J, González-Martín O, et al. Zygomatic implants: indications, techniques and outcomes, and the Zygomatic Success Code. *Periodontol 2000*. 2014;66(1):41–58.
28. Biron P-E. Les implants zygomatiques, une méthode raisonnée [Thèse de Docteur en Chirurgie Dentaire]. Lyon : Université Claude Bernard - Lyon 1; 2011.

29. van Steenberghe D, Malevez C, Van Cleynenbreugel J, Serhal CB, Dhoore E, Schutyser F, et al. Accuracy of drilling guides for transfer from three-dimensional CT-based planning to placement of zygoma implants in human cadavers. *Clin Oral Implants Res.* 2003;14(1):131–6.
30. Paulus C. Syndromes malformatifs à expression faible: un piège pour l'orthodontiste. *Orthod Bioprogressive.* 2009;33–9.
31. Bellanger C, Villedieu F, Gerard M, Guillois B. Syndrome de Nager associé à une tétralogie de Fallot: une association fréquente? *Arch Pédiatrie.* 2015;22(9):974–7.
32. Gola R, Richard O, Guyot L, Layoun W. Intérêt de la valgisation fonctionnelle des malaires dans les faces étroites. *Ann Chir Plast Esthét.* 2006;51(1):74–81.
33. Guichard J-P, Franc J, Herman P. Complications de la chirurgie rhinosinusienne. *J Radiol.* 2011;92(11):1029–40.
34. Krauthammer M, Shuster A, Mezaad-Koursh D, Shlomi B, Stolovitch C, Leibovitch I. Extraocular muscle damage from dental implant penetration to the orbit. *Am J Ophthalmol Case Rep.* 2017;5:94–6.
35. Louati H, Hedhli M, Chebbi A, Ben Hassine L, Douira W, Lahmar L, et al. Hématome orbitaire spontané: à propos de deux cas. *J Fr Ophtalmol.* 2012;35(7):533.e1-533.e4.
36. Warburton G, Brahim JS. Intraorbital Hematoma After Removal of Upper Third Molar: A Case Report. *J Oral Maxillofac Surg.* 2006;64(4):700–704.
37. Uchida Y, Goto M, Katsuki T, Akiyoshi T. Measurement of the maxilla and zygoma as an aid in installing zygomatic implants. *J Oral Maxillofac Surg.* 2001;59(10):1193–8.
38. Bennett, R. C. Monheim's Local Anaesthesia And Pain Control In Dental Practice. 6th ed. St. Louis, C. V. Mosby Company, 1978. p. 74.
39. Duarte LR, Filho HN, Francischone CE, Peredo LG, Brånemark P-I. The Establishment of a Protocol for the Total Rehabilitation of Atrophic Maxillae Employing Four Zygomatic Fixtures in an Immediate Loading System – A 30-Month Clinical and Radiographic Follow-Up. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2007;9(4):186-96.
40. Davo R, Pons O, Rojas J, Carpio E. Immediate function of four zygomatic implants: a 1-year report of a prospective study. *Eur J Oral Implantol.* 2010;3(4):323–34.
41. Wu Y-Q, Wang F, Shen Y-H, Lin M. Eye-Lid approach for four zygomatic implant placement in the severely reabsorbed maxillae: technical note. *Int J Clin Exp Med.* 2015;15(3):4670–5.

42. Robert R, Legent F, Rogez JM, Menier Y, Héloury Y, Patra P, et al. The infratemporal fossa: A trial clarification. *Surg Radiol Anat.* 1989;11(4):307–11.
43. Ziade M, Mallek A, Delaval C, Goudot P, Yachouh J. Corps étranger végétal de la fosse infratemporale. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2009;110(4):236–8.
44. Reychler H, Olszewski R. Intracerebral penetration of a zygomatic dental implant and consequent therapeutic dilemmas: case report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010; 25(2):416–8.
45. Fernández H, Gómez-Delgado A, Trujillo-Saldarriaga S, Varón-Cardona D, Castro-Núñez J. Zygomatic Implants for the Management of the Severely Atrophied Maxilla: A Retrospective Analysis of 244 Implants. *J Oral Maxillofac Surg.* 2014;72(5):887–91.
46. Bedrossian E, Bedrossian EA. Prevention and the Management of Complications Using the Zygoma Implant: A Review and Clinical Experiences. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018;33(5):135–45.
47. Candel-Martí E, Carrillo-García C, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M. Rehabilitation of Atrophic Posterior Maxilla With Zygomatic Implants: Review. *J Oral Implantol.* 2012;38(5):653–7.
48. Cortes ARG, Cortes DN, Arita ES. Effectiveness of piezoelectric surgery in preparing the lateral window for maxillary sinus augmentation in patients with sinus anatomical variations: a case series. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(5):1211–5.
49. Wallace SS, Tarnow DP, Froum SJ, Cho S-C, Zadeh HH, Stoupe J, et al. Maxillary Sinus Elevation by Lateral Window Approach: Evolution of Technology and Technique. *J Evid Based Dent Pract.* 2012;12(3):161–71.
50. Hernández-Alfaro F, Torradeflot MM, Marti C. Prevalence and management of Schneiderian membrane perforations during sinus-lift procedures. *Clin Oral Implants Res.* 2007;(0):91-98.
51. Borie E, Oliví DG, Orsi IA, Garlet K, Weber B, Beltrán V, et al. Platelet-rich fibrin application in dentistry: a literature review. *Int J Clin Exp Med.* 2015;8(5):7922–9.
52. Baykul T, Findik Y. Maxillary sinus perforation with presence of an antral pseudocyst, repaired with platelet rich fibrin. *Ann Maxillofac Surg.* 2014;4(2):205–7.
53. Choi B-H, Zhu S-J, Jung J-H, Lee S-H, Huh J-Y. The use of autologous fibrin glue for closing sinus membrane perforations during sinus lifts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2006; 101(2):150–4.
54. Chiapasco M, Felisati G, Maccari A, Borloni R, Gatti F, Di Leo F. The management of complications following displacement of oral implants in the paranasal sinuses: a multicenter clinical report and proposed treatment protocols. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009;38(12):1273–8.

55. Aparicio C, Ouazzani W, Garcia R, Arevalo X, Muela R, Fortes V. A Prospective Clinical Study on Titanium Implants in the Zygomatic Arch for Prosthetic Rehabilitation of the Atrophic Edentulous Maxilla with a Follow-Up of 6 Months to 5 Years. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2006;8(3):114–22.
56. Davó R, Malevez C, Rojas J, Rodríguez J, Regolf J. Clinical outcome of 42 patients treated with 81 immediately loaded zygomatic implants: a 12- to 42-month retrospective study. *Eur J Oral Implantol*. 2008;9(2):141–50.
57. Pi Urgell J, Revilla Gutiérrez V, Gay Escoda CG. Rehabilitation of atrophic maxilla: a review of 101 zygomatic implants. *Med Oral Patol Oral Cirugia Bucal*. 2008;13(6):363-370.
58. Delphone Gegout. Les hématomes et les ecchymoses en chirurgie buccale. 2012. [Thèse de Docteur en Chirurgie Dentaire]. Nancy/Metz : Université de Lorraine
59. Airaksinen OV, Kyrklund N, Latvala K, Kouri JP, Grönblad M, Kolari P. Efficacy of Cold Gel for Soft Tissue Injuries: A Prospective Randomized Double-Blinded Trial. *Am J Sports Med*. 1 sept 2003;31(5):680-4.
60. Enwemeka CS, Allen C, Avila P, Bina J, Konrade J, Munns S. Soft tissue thermodynamics before, during, and after cold pack therapy. *Med Sci Sports Exerc*. janv 2002;34(1):45-50.
61. Glass GE, Waterhouse N, Shakib K. Hilotherapy for the management of perioperative pain and swelling in facial surgery: a systematic review and meta-analysis. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2016;54(8):851-6.
62. Rana M, Gellrich N-C, Joos U, Piffkó J, Kater W. 3D evaluation of postoperative swelling using two different cooling methods following orthognathic surgery: a randomised observer blind prospective pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011;40(7):690-6.
63. Macedo, V. C.; Cabrini, R. R.; Faig-Leite, H.. Infraorbital foramen location in dry human skulls. *Brazilian Journal for Morphological Sciences*. 2009 ;1(26):35-36.
64. Stiévenart M, Malevez C. Rehabilitation of totally atrophied maxilla by means of four zygomatic implants and fixed prosthesis: a 6–40-month follow-up. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2010;39(4):358–63.
65. Bertos Quílez J, Guijarro-Martínez R, Aboul-Hosn Centenero S, Hernández-Alfaro F. Virtual quad zygoma implant placement using cone beam computed tomography: sufficiency of malar bone volume, intraosseous implant length, and relationship to the sinus according to the degree of alveolar bone atrophy. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2018;47(2):252–61.
66. Aparicio C, Ouazzani W, Aparicio A, Fortes V, Muela R, Pascual A, et al. Immediate/Early Loading of Zygomatic Implants: Clinical Experiences after 2 to 5 Years of Follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2010;12(s1):77–82.

67. Filho HN, Amaral WS, Curra C, dos Santos PL, Cardoso CL. Zygomatic implant: Late complications in a period of 12 years of experience. *Rev Clínica Periodoncia Implantol Rehabil Oral*. 2016;1-6.
68. Saadoun AP, Touati B. Soft tissue recession around implant: is it unavoidable? *Pract Proced Aesthet Dent*. 2007;19(2):81-7.
69. Penarrocha-Oltra D, Alonso-Gonzalez R, Pellicer-Chover H, Aloy-Prosper A, Penarrocha-Diago Ma. Closure of oroantral communication with buccal fat pad after removing bilateral failed zygomatic implants: A case report and 6-month follow-up. *J Clin Exp Dent*. 2015;7(1):159-62.
70. Maes J-M, Raoul G, Omezzine M, Ferri J. Ostéites des os de la face. *EMC - Stomatol*. 2005;1(3):208-30.
71. Davo R, Malevez C, Rojas J. Immediate function in the atrophic maxilla using zygoma implants: a preliminary study[published correction appears in *J Prosthet Dent*. 2008; 99:167]. *J Prosthet Dent*. 2007; 97:44-51.
72. Hirsch JM, Ohrenell LO, Henry PJ, et al A clinical evaluation of the zygoma fixture: one year of follow-up at 16 clinics. *J Oral Maxillofac Surg*. 2004;62(9):22-29.
73. Buxeraud J. Implants dentaires : suivi et hygiène sont indispensables. *Actual Pharm*. 2014;53(537):45-7.
74. Tzerbos F, Bountaniotis F, Theologie-Lygidakis N, Fakitsas D, Fakitsas I. Complications of Zygomatic Implants: Our Clinical Experience with 4 Cases. *Acta Stomatol Croat*. 2016;50(3):251-7.
75. Stephan G, Ringot O, Mariani P. Prothèse complète maxillaire à complément de rétention implantaire. *Réalités cliniques*. 2003; 4(2):213-223.
76. Davarpanah M, Jakubowicz-Kohen B, Caraman L. et col. Les implants en odontologie. Editions CdP ; 2010. 133p.
77. Cabinet Dentaire des Drs DADA, LOUIS-OLSZEWSKI et DAAS. Les différents traitements sur implants dentaires de l'édentement total. [En ligne]. <http://dr-dada-karim.chirurgiens-dentistes.fr/Les-Differents-traitements-par-prothese-sur-implants-dentaires-de-l-edentement-total-Article-13537.aspx> Consulté en octobre 2019.
78. Dada K, Daas M. Esthétique et implants pour l'édenté complet maxillaire. Paris: Quintessence International; 2011. 249 p.
79. Davies SJ. Occlusal considerations in implantology : good occlusal practice in implantology. *Dent Update*. 2010;37(9):610-620.
80. Kahnberg K-E, Henry PJ, Hirsch J-M, Öhrnell L-O, Andreasson L, Brånemark P-I, et al. Clinical Evaluation of the Zygoma Implant: 3-Year Follow-Up at 16 Clinics. *J Oral Maxillofac Surg*. 2007; 65(10):2033-8.

81. Sartori EM, Padovan LEM, de Mattias Sartori IA, Ribeiro PD, Gomes de Souza Carvalho AC, Goiato MC. Evaluation of Satisfaction of Patients Rehabilitated With Zygomatic Fixtures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012;70(2):314–9.
82. Ammar L. Pronostic des réhabilitations prothétiques par implants zygomatiques des sujets partiellement ou totalement édentés: revue systématique de la littérature. 2019 [Thèse de Docteur en Chirurgie Dentaire]. Aix-Marseille.
83. Stella JP, Warner MR. Sinus slot technique for simplification and improved orientation of zygomaticus dental implants: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000;15(6):889–93.
84. Peñarrocha M, Uribe R, García B, Martí E. Zygomatic implants using the sinus slot technique: clinical report of a patient series. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005;20(5):788–92.
85. Yates JM, Brook IM, Patel RR, Wragg PF, Atkins SA, El-Awa A, et al. Treatment of the edentulous atrophic maxilla using zygomatic implants: evaluation of survival rates over 5–10 years. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014;43(2):237–42.
86. Araújo R, Sverzut A, Trivellato A, Sverzut C. Retrospective Analysis of 129 Consecutive Zygomatic Implants Used to Rehabilitate Severely Resorbed Maxillae in a Two-Stage Protocol. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017; 2(2):377–84.
87. Araújo PPT, Sousa SA, Diniz VBS, Gomes PP, da Silva JSP, Germano AR. Evaluation of patients undergoing placement of zygomatic implants using sinus slot technique. *Int J Implant Dent.* 201;2(1):2.
88. Peñarrocha M, García B, Martí E, Boronat A. Rehabilitation of severely atrophic maxillae with fixed implant-supported prostheses using zygomatic implants placed using the sinus slot technique: clinical report on a series of 21 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants.* août 2007;22(4):645-50.
89. Migliorança RM, Sotto-Maior BS, Senna PM, Francischone CE, Cury AADB. Immediate occlusal loading of extrasinus zygomatic implants: A prospective cohort study with a follow-up period of 8 years. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012;41(9):1072–6.
90. Maló P, de Araujo Nobre M, Lopes I. A new approach to rehabilitate the severely atrophic maxilla using extramaxillary anchored implants in immediate function: A pilot study. *J Prosthet Dent.* 2008;100(5):354–66.
91. Chrcanovic BR, Pedrosa AR, Custódio ALN. Zygomatic implants: a critical review of the surgical techniques. *Oral Maxillofac Surg.* 2013;17(1):1–9.
92. Wen H, Guo W, Liang R, Xiang L, Long G, Wang T, et al. Finite element analysis of three zygomatic implant techniques for the severely atrophic edentulous maxilla. *J Prosthet Dent* 2014;111(3):203-15.
93. Freedman M, Ring M, Stassen LFA. Effects of alveolar bone support on

zygomatic implants: a finite element analysis study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2015;44(6):785-90.

94. de Moraes PH, Olate S, de Arruda Nóbilo M, Asprino L, de Moraes M, de Albergaría Barbosa J. Maxillary “All-On-Four” treatment using zygomatic implants. A mechanical analysis. *Rev Stomatol Chir Maxillo-Faciale Chir Orale*. 2016;117(2):67–71.

95. Guennal P, Guiol J. Use of buccal fat pads to prevent vestibular gingival recession of zygomatic implants. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2018;119(2):161–3.

96. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Survival and Complications of Zygomatic Implants: An Updated Systematic Review. *J Oral Maxillofac Surg*. 2016;74(10):1949–64.

97. Aparicio, C., Manresa, C., Francisco, K., Ouazzani, W., Claros, P. and Potau, J. The Long-Term Use of Zygomatic Implants: A 10-Year Clinical and Radiographic Report, *Clin Implant Dent Relat Res*, 2014;16(3):447-59.

98. Fortin Y. Placement of Zygomatic Implants into the Malar Prominence of the Maxillary Bone for Apical Fixation: A Clinical Report of 5 to 13 Years. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017;32(3):633–41.

99. Aparicio C. A proposed classification for zygomatic implant based on the zygoma anatomy guided approach (ZAGA): a cross-sectional survey. *Eur J Oral Implantol*. 2014;4(3):269-75.

100. Farzad P, Andeersson L, Gunnarsson S, Johansson B. Rehabilitation of severely resorbed maxillae with zygomatic implants: an evaluation of implant stability, tissue conditions, and patients' opinion before and after treatment. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006;21(3):399-404.

101. Al-Nawas B, Wegener J, Bender C, Wagner W. Critical soft tissue parameters of the zygomatic implant. *J Clin Periodontol*. 2004;31(7):497-500.

102. Hung K, Ai Q, Fan S, Wang F, Huang W, Wu Y. Measurement of the zygomatic region for the optimal placement of quad zygomatic implants. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2017;19(5):841–8.

103. Schirotti G, Angiero F, Silvestrini-Biavati A, Benedicenti S. Zygomatic Implant Placement With Flapless Computer-Guided Surgery: A Proposed Clinical Protocol. *J Oral Maxillofac Surg*. 2011;69(12):2979–89.

104. Vrielinck L, Politis C, Schepers S, Pauwels M, Naert I. Image-based planning and clinical validation of zygoma and pterygoid implant placement in patients with severe bone atrophy using customized drill guides. Preliminary results from a prospective clinical follow-up study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2003;32(1):7–14.

105. Jabero M, Sarment DP. Advanced surgical guidance technology: a review. *Implant Dent.* 2006;15(2):135–42.
106. Raymond AE, Woodhouse BM. Accuracy of CAD-CAM Drilling Guides in Zygomatic Implant Placement. *J Oral Maxillofac Surg.* 2013;71(9):55–6.
107. Chrcanovic BR, Oliveira DR, Custódio AL. Accuracy Evaluation of Computed Tomography–Derived Stereolithographic Surgical Guides in Zygomatic Implant Placement in Human Cadavers. *J Oral Implantol.* 2010;36(5):345–55.
108. Chow J. A novel device for template-guided surgery of the zygomatic implants. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2016;45(10):1253–5.
109. Miller RJ, Bier J. Surgical navigation in oral implantology. *Implant Dent.* 2006;15(1):41–7.
110. Vercruyssen M, Fortin T, Widmann G, Jacobs R, Quirynen M. Different techniques of static/dynamic guided implant surgery: modalities and indications. *Periodontol 2000.* 2014;66(1):214–27.
111. Armand S, Legac O, Galibourg A. Implantologie dentaire assistée par ordinateur : intérêts de la navigation du système Robodent®. *Rev Stomatol Chir Maxillo-Faciale Chir Orale.* 2013;114(4):247–54.
112. Xiaojun C, Ming Y, Yanping L, Yiqun W, Chengtao W. Image guided oral implantology and its application in the placement of zygoma implants. *Comput Methods Programs Biomed.* 2009;93(2):162–73.
113. Mery RW, Merritt SA, Lank K, Gibbs JD. Accuracy of Dynamic Navigation for Dental Implant Placement–Model-Based Evaluation. *J Oral Implantol.* 2016;42(5):399–405.
114. La chirurgie naviguée x-guide [En ligne]. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/implantologie/la-chirurgie-naviguee-x-guide/> consulté en octobre 2019
115. Xiaojun C, Ming Y, Yanping L, Yiqun W, Chengtao W. Image guided oral implantology and its application in the placement of zygoma implants. *Comput Methods Programs Biomed.* 2009;93(2):162–73.

Table des illustrations

- Figure 1 : Localisation anatomique des os maxillaire et os zygomatique [2]
- Figure 2 : (A) : Vue latérale d'un os zygomatique droit [3] – (B) : Vue médiale d'un os zygomatique droit [3]
- Figure 3 : Classification de Cawood et Howell [6]
- Figure 4 : Différents états de surface des implants zygomatiques - Guide NobelBiocare
- Figure 5 : Implants NobelBiocare 45° et 0° - Guide NobelBiocare
- Figure 6 : Illustration de la zone de transition (ligne bleue) – Dr Guiol
- Figure 7 : Vue clinique après élévation des lambeaux - exposition de la crête et du palais dur [24]
- Figure 8 : Vue clinique de la surface latérale du maxillaire exposé. Le foramen infra-orbitaire est identifié à droite de la flèche [24]
- Figure 9 : Exposition de l'os zygomatique : corps et arcade [24]
- Figure 10 : Vue clinique après ouverture de la fenêtre sinusienne – Dr Guiol
- Figure 11 : Zone terminale de forage sur l'os zygomatique – Guide NobelBiocare
- Figure 12 : (A) : illustration de la technique "Hybride". (B) : illustration de la technique "Quad Zygoma" [27]
- Figure 13 : Séquence de forage – Guide NobelBiocare
- Figure 14 : Pointage de la crête maxillaire à la fraise boule – Dr Guiol
- Figure 15 : Trajet de la fraise boule – Guide NobelBiocare
- Figure 16 : Effraction de la corticale externe de l'os zygomatique – Guide NobelBiocare
- Figure 17: Mesure de la longueur exacte des implants à l'aide d'une jauge – Guide NobelBiocare
- Figure 18 : Passage du foret 3,5 pilote – Dr Guiol
- Figure 19 Jauge de profondeur inclinée pour mesurer la longueur exacte des implants – Dr Guiol
- Figure 20 : Mise en place de l'implant manuelle, à l'aide du tournevis – Dr Guiol
- Figure 21 : Sutures réalisées autour des capuchons de cicatrisation – Dr Guiol
- Figure 22 : Enregistrement de la position des capuchons, décharge de la prothèse en regard des zones d'interférences – Dr Guiol
- Figure 23 : Mise en place des piliers provisoires sur les implants - vérification de la passivité des piliers – Guide NobelBiocare

Figure 24 : Solidarisation des piliers provisoires à la prothèse – Guide NobelBiocare

Figure 25 : Finitions du bridge transvissé définitif sans surcontour – Guide Nobel Biocare

Figure 26 : Vissage des piliers lors de la pose de la prothèse définitive - Guide NobelBiocare

Figure 27 : Résultats des travaux de Van Steenberghe & al, 2003 concernant les mesures de l'os zygomatique Source : Van Steenberghe & al. "Accuracy of drilling guides for transfer from three-dimensional CT-based planning to placement of zygoma implants un human cadavers » [29]

Figure 28 : Mesures moyennes de l'os zygomatique - Source personnelle

Figure 29: (A) : Syndrome de Francheschetti / Treacher-Collins [30] – (B) Profil « face étroite » [32]

Figure 30 : (A) : tomodensitométrie latérale mettant en évidence les 3 implants zygomatiques. (B) : coupe coronale mettant en évidence la pénétration de l'implant antérieur droit dans la partie inféro-latérale de l'orbite droite. (C) : coupe transversale : mise en évidence de l'hématome au niveau de l'orbite droite [34]

Figure 31 : Coupe coronale d'un IRM orbitaire mettant en évidence un processus expansif développé au sein du muscle droit inférieur en hyposignal franc refoulant le nerf optique (flèche) [35]

Figure 32 : CT-scan : (A) : Hématome recouvrant la fissure orbitale inférieure – (B) : Hématome étendu le long de la paroi orbitale latérale – (C) : Pas de compression directe du nerf optique [36]

Figure 33 : Repères et mesures sur les os nasaux, maxillaire et zygomatique - vue frontale [37]

Figure 34 : Figures A - D : vues cliniques de l'exposition de la crête maxillaire, ouverture de la fenêtre sinusienne selon l'approche classique. Figure E : Pose du guide chirurgical. Figures G – I : Incision de la paupière inférieure et mesure de la taille de l'implant grâce à la jauge de profondeur. Figures J –K : Pose des 4 implants zygomatiques Figure L : fermeture de la paupière [41]

Figure 35 : Nerfs et artères de la fosse infra-temporale – Source : Capture d'écran Gray's p : 921

Figure 36 : Localisation anatomique de la fosse infra-temporale [36]

Figure 37 : TDM montrant une collection parapharyngée et de la loge des masticateurs incluant des images de densité aérique refoulant médialement l'espace rétropharyngé [43]

Figure 38 : Description de la vascularisation du maxillaire – Capture d'écran Netter planche 35

Figure 39 : Illustration d'un hématome facial – Dr Guiol

Figure 40 : Dispositif Hilotherm [63]

Figure 41 : (A) Exposition de l'apex implantaire au-delà de la structure osseuse donnant une saillie visible au niveau de la joue gauche [46]- (B) Mise en évidence de l'apex implantaire visible sur l'examen tomодensitométrique [46]

Figure 42 : Illustration des orientations de la jauge de profondeur : mesures à partir du haut ou du bas de l'ostéotomie apicale [46]

Figure 43 : (A) : Exposition de l'apex de l'implant zygomatique gauche [46] – (B) et (C) : Résection de la partie apicale de l'implant [46] – (D) : Greffe du défaut osseux [46]

Figure 44 : Vue clinique d'une communication bucco-sinusienne [69]

Figure 45 : Vues cliniques du traitement chirurgical de la fermeture d'une communication bucco-sinusienne par la technique du lambeau et du corps adipeux de la joue. (A) : vue clinique avant l'intervention (B) : retrait de l'implant zygomatique gauche (C) : Élévation du lambeau muco-périosté, montrant la communication bucco-sinusienne (D) : Couverture de la communication bucco sinusienne par le corps adipeux de la joue (E) : remplacement et sutures du lambeau (F) : Vue clinique 6 mois après l'opération [69]

Figure 46 : Inflammation gingivale autours des implants [67]

Figure 47 : (A) : Résorption osseuse avancée autours de l'implant en raison d'une péri-implantite [74] – (B) : Dépose de la partie contaminée de l'implant sans effraction de la membrane sinusienne [74]

Figure 48 : Radiographie panoramique montrant le reste de l'implant zygomatique ostéointégré et la modification de la réhabilitation prothétique [74]

Figure 49 : Vue clinique pendant la dépose de l'implant droit à l'aide d'un davier [74]

Figure 50 : (A) : Radiographie panoramique dentaire avec la prothèse définitive modifiée - (B) : Vue clinique intra-buccale, après la dépose de l'implant, après cicatrisation [74]

Figure 51 : Prothèse hybride [78]

Figure 52 : Émergence palatine des implants zygomatiques [15]

Figure 53 : Émergence palatine des implants zygomatiques sur séquelle de fente [67]

Figure 54 : Répartition des complications générales (par nombre de patients) – Source personnelle

Figure 55 : Sinus slot : A : vue clinique de l'incision et du décollement muco-périosté – B : fente réalisée – C : Mise en place de l'implant [85]

Figure 56 : Schémas des différentes techniques chirurgicales : A : Technique de Brånemark - B : Technique "sinus slot" - C : Technique " exteriorized " [86]

Figure 57 : Vue clinique d'implants zygomatiques extra-sinusiens [90]

Figure 58 : Vue cliniques d'implants zygomatiques extra-maxillaires [91]

Figure 59 : Méthode « exteriorized » : A : Forage – B : Membrane sinusienne préservée – C : Mise en place de l'implant [89]

Figure 60 : Vue clinique d'un Zygoma Quad All-on-Four. Les deux implants antérieurs sont exposés. La surface rugueuse et le filetage rendent l'hygiène plus difficile [95]

Figure 61 : Vue clinique de la couverture des implants avec le corps adipeux de la joue pendant la procédure chirurgicale [95]

Figure 62 : Tableau résumant le taux de survie implantaire en fonction de la technique chirurgicale employée [96]

Figure 63 : ZAGA 0 - A : Cas schématique – B : Exemple clinique : Implant en position intra-sinusienne [99]

Figure 64 : ZAGA 1 - A : Cas schématique – B : Exemple clinique : Implant dans la paroi latérale du sinus [99]

Figure 65 : ZAGA 2 - A : Cas schématique – B : Exemple clinique : Implant extra-sinusien ou juxta-sinusien [99]

Figure 66 : ZAGA 3 - A : Cas schématique – B : Exemple clinique : Implant extra sinusien pur [99]

Figure 67 : ZAGA 4 - A : Cas schématique – B : Exemple clinique : Implant extra-maxillaire et extra sinusien [99]

Figure 68 : Zone optimale de placement de l'apex de l'implant zygomatique correspondant aux zones A3 et B1 [102]

Figure 69 : Guide chirurgical personnalisé produit par stéréolithographie [103]

Figure 70 : Vérification des forages sur la maquette zygomatoco-maxillaire produite par stéréolithographie [103]

Figure 71 : Vue clinique d'une chirurgie en technique "Flapless", avec guide chirurgical personnalisé stabilisé par vis d'ostéosynthèse [103]

Figure 72 : (A) Guide de forage au stade de prototype) – (B) : Guide de forage assemblé au guide stéréolithographique du patient [108]

Figure 73 : Guide de forage placé sur le guide stéréolithographie pendant la chirurgie [108]

Figure 74 : Unité centrale du système X-Guide [114]

Figure 75 : Vue de la planification chirurgicale sur le logiciel X-Guide [114]

Figure 76 : Vue opératoire de la calibration des forets [114]

Figure 77 : Vue opératoire de la pose de l'implant zygomatique en navigation [114]

Figure 78 : Tableau résumant les principaux avantages et inconvénients des techniques « computer-guided » [114]

Annexe 1

Illustration : Réhabilitation prothétique fixée implanto-portée par implants zygomatiques.



Photographies de la patiente de face et de profil

Présentation :

Il s'agit d'une patiente de 63 ans, sans antécédents particuliers, prise en charge dans le service d'odontologie du CHU de Rouen, pour une réhabilitation prothétique fixée implanto-portée.

Cette patiente, édentée depuis plus de vingt ans, était porteuse de prothèses amovibles complètes maxillaires et mandibulaires satisfaisantes en terme de stabilité, d'esthétique et de fonction.

Les motivations de la patiente étaient une solution fixée, confortable (« sans palais ») et esthétique.

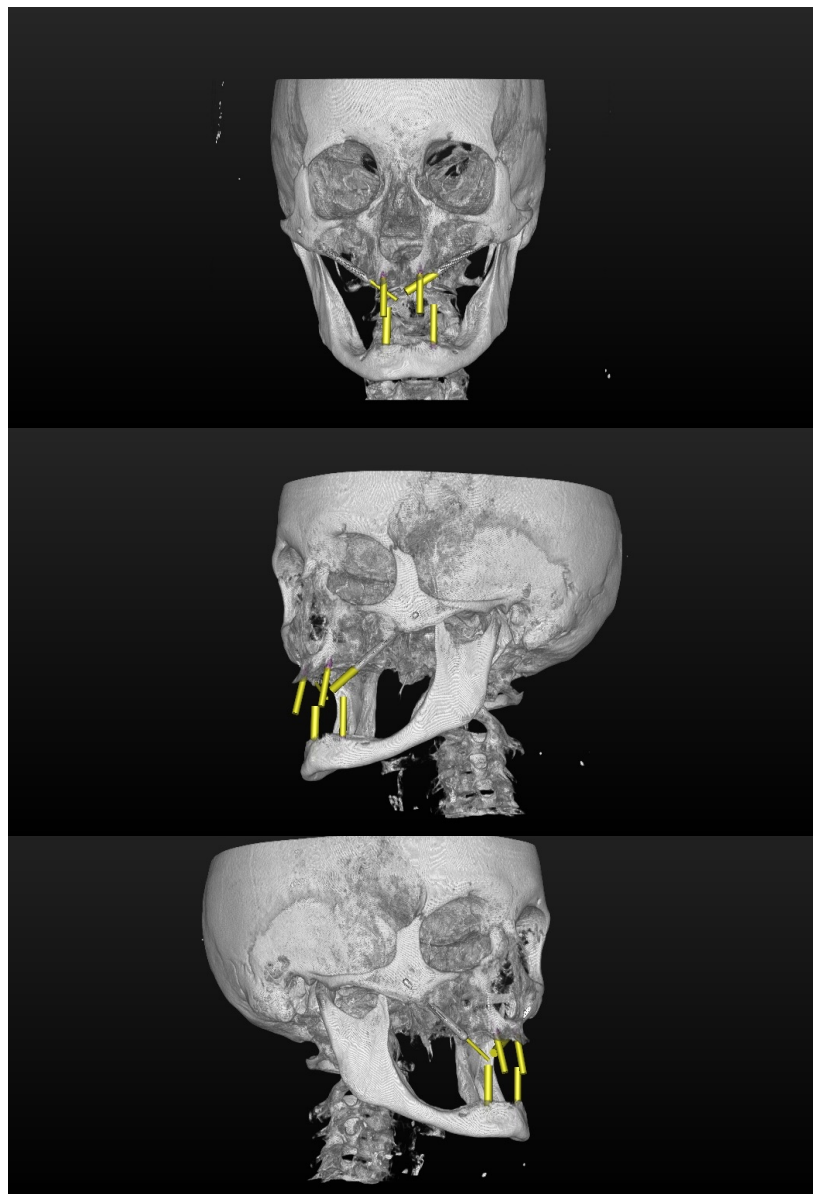
L'examen clinique et radiologique montrait une résorption importante du maxillaire dans les secteurs postérieurs et moindre au niveau du prémaxillaire. Deux solutions thérapeutiques lui ont été proposées :

- Greffe osseuse d'apposition horizontale et verticale avec prélèvement calvarial et mise en place de 6 implants conventionnels après un délai de 4 mois de cicatrisation.
- Mise en place de 2 implants conventionnels dans le secteur antérieur et 2 implants zygomatiques en regard des prémolaires et mise en charge immédiate.

Après explications des avantages et inconvénients des différentes techniques, le choix s'est orienté vers une réhabilitation prothétique par prothèse fixe transvissée « *Hybride* » (prothèse transvissée sur 2 implants antérieurs conventionnels et 2 implants zygomatiques postérieurs).

Planification implantaire :

La planification a été réalisée à l'aide du logiciel Simplant®.



Planification de la pose de 2 implants antérieurs conventionnels et de 2 implants zygomatiques postérieurs

Pour l'évaluation pré-opératoire, une radiographie panoramique et une TDM maxillo-faciale (incluant les orbites) ont été demandées.

Selon la classification ZAGA, la patiente présente un ZAGA 2 (trajet du corps implantaire majoritairement extra-sinusien) de chaque côté. La planification de l'émergence implantaire placée idéalement dans le couloir prothétique du futur bridge a conduit les praticiens à opter pour une technique de **pose extra-sinusienne**.

Un duplicata du projet prothétique a été réalisé à l'aide de l'ancienne prothèse afin de contrôler avec précision la pose des implants sur les sites des incisives latérales et deuxièmes prémolaires.



Duplicata du projet prothétique

Phase chirurgicale :

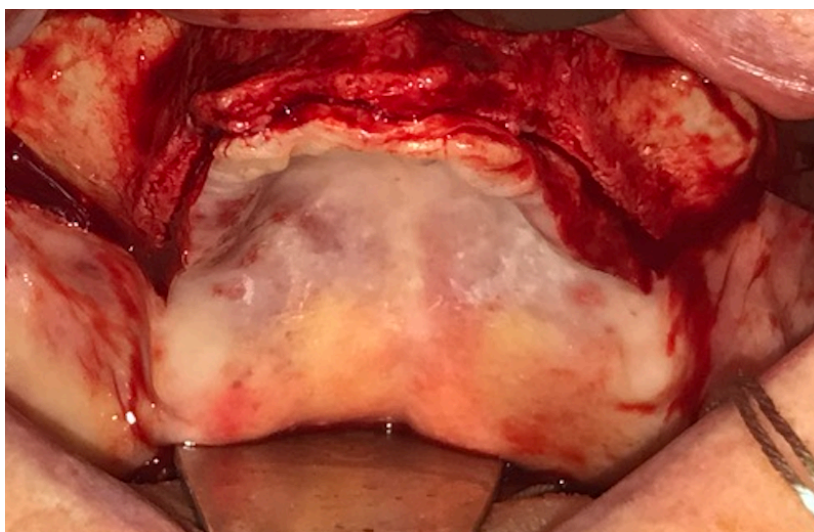
Sous anesthésie générale et intubation nasotrachéale, un champage de la tête est réalisé tout en maintenant les yeux dans le champ.

Après infiltration adrénalinée, une incision de l'ensemble de la crête est réalisée avec des décharges postérieures au niveau des cintres maxillo-zygomatiques.

Le décollement des parois latérales des sinus maxillaires et des zygomatostomes est effectué le plus largement possible.

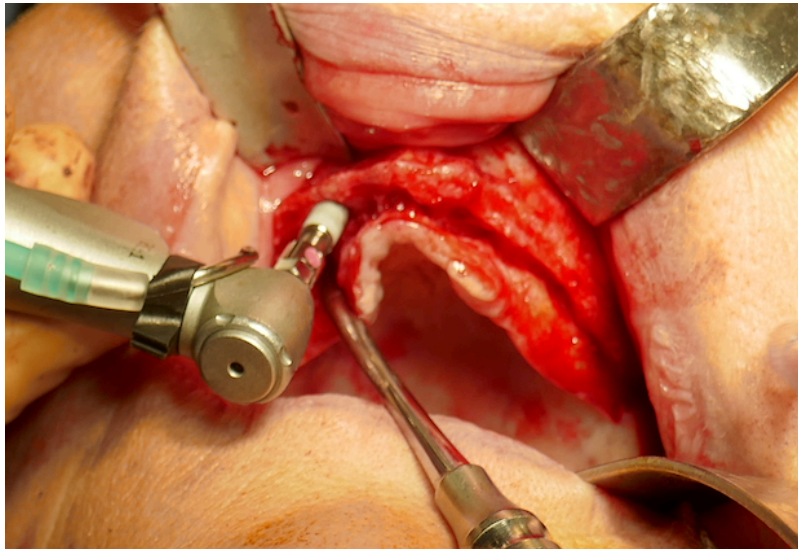


Préparation de la patiente : les yeux ne sont pas couverts par le champ opératoire



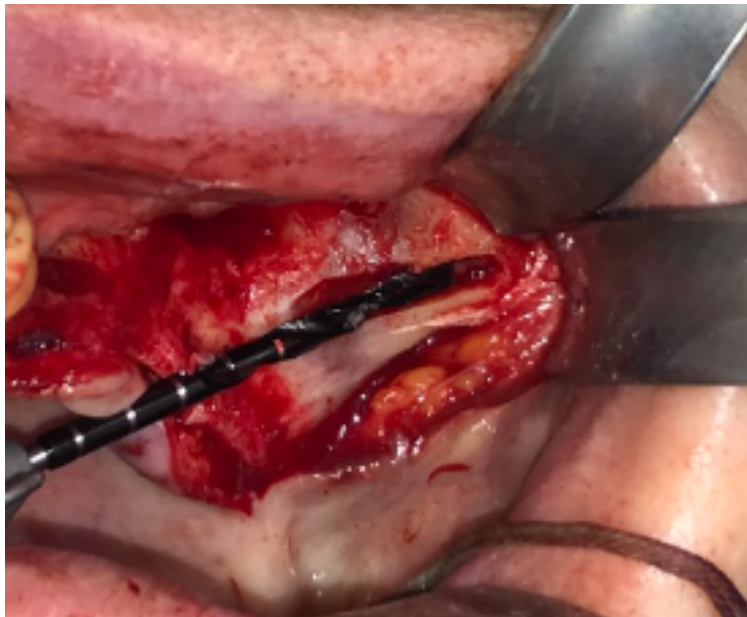
Décollement en pleine épaisseur pour aborder l'os zygomatique

Dans un premier temps les 2 implants conventionnels antérieurs sont mis en place au niveau des incisives latérales (Nobel Parallel CC NP® 3,75mm / 8,5mm) sous contrôle du guide avec une stabilité primaire satisfaisante (40 N/cm).

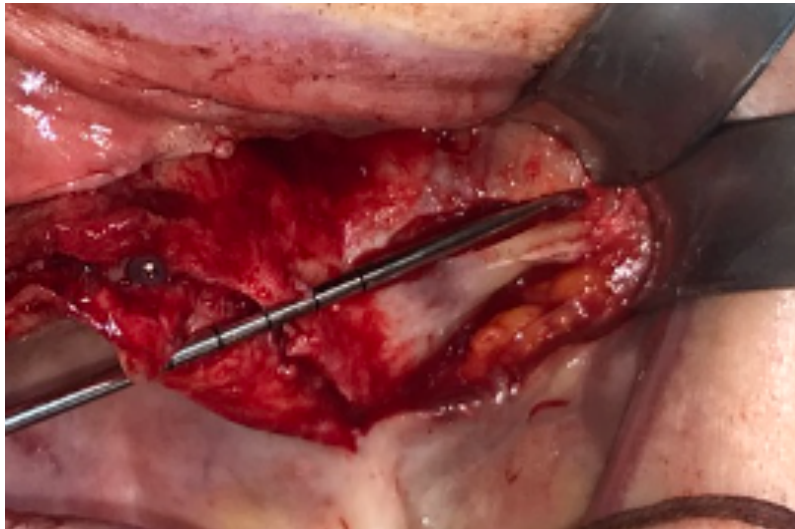


Pose de l'implant sur le site 12 (Nobel Parallel CC NP® 3,75mm / 8,5mm)

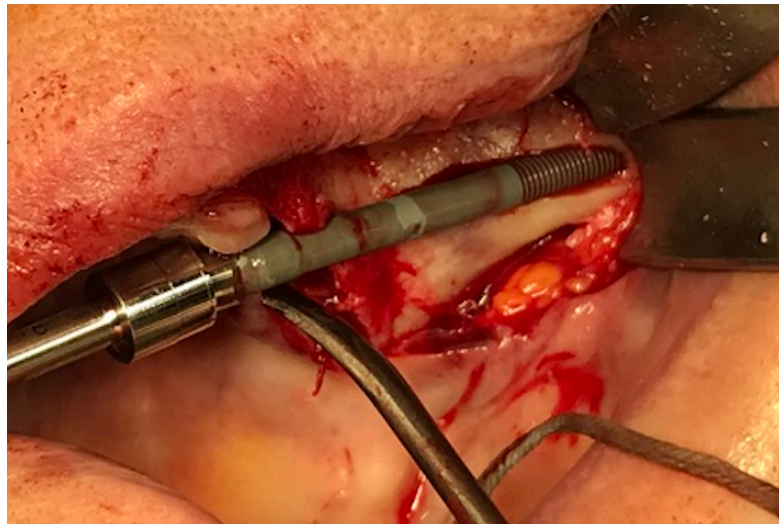
Les forages des implants zygomatiques (NobelZygoma 45°®, 3,9 mm / 42,5 mm) sont effectués selon le protocole extra-sinusien en respectant la membrane sinusienne qui est réclinée, afin d'éviter le risque de sinusite post-opératoire.



Passage du premier foret



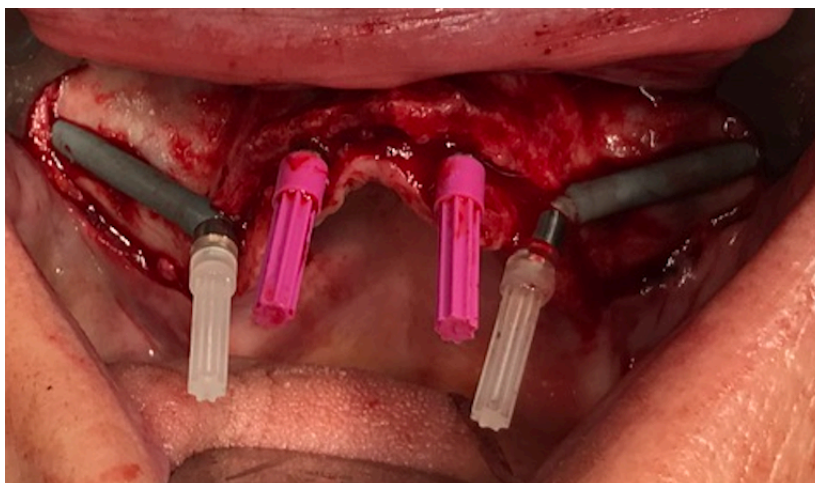
Mesure de la longueur du forage à l'aide de la jauge



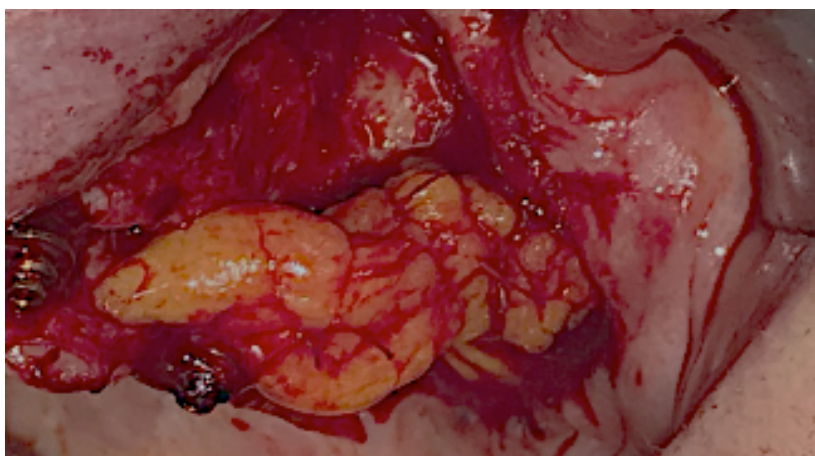
Pose de l'implant zygomatique gauche

La pose des implants a été réalisée selon la planification au niveau des deuxièmes prémolaires. La stabilité primaire a été contrôlée manuellement et l'émergence des implants vérifiée à l'aide du duplicata de la prothèse.

Les piliers Multi-Unit droits ont été positionnés sur les implants : hauteur 3 mm sur les sites 15-12-22 et 5 mm sur le site 25. Une plastie du corps adipeux de la joue a été réalisée afin de limiter le risque de déhiscence vestibulaire, de mucosite et de péri-implantite.

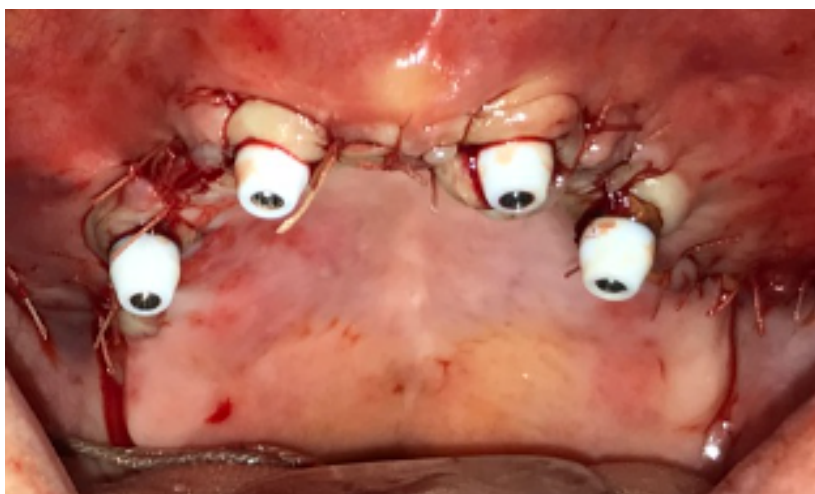


Positionnement des piliers Multi-Unit sur les implants



Plastie du corps adipeux de la joue

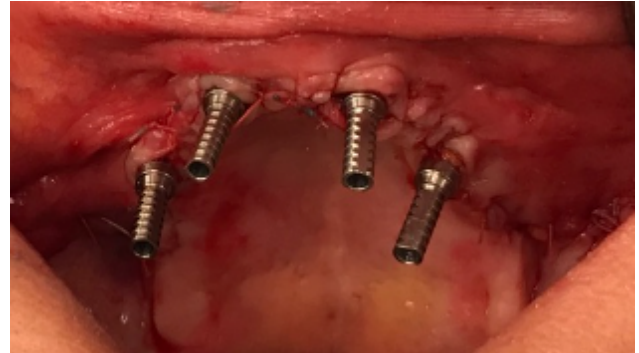
Des capuchons ont été placés sur les piliers multi-Unit et les sutures réalisées à l'aide de fils résorbables.



Sutures réalisées autour des piliers

Phase prothétique :

L'ancienne prothèse de la patiente a été évidée en regard des piliers provisoires placés sur les implants.



Prothèse évidée et piliers provisoires placés sur les implants

Après avoir protégé le site chirurgical à l'aide d'une digue dentaire, de la résine (MaxiTemp® de chez Henry Schein®) est injectée autour des piliers provisoires pour les solidariser à la prothèse.

Après la prise de la résine, les piliers provisoires dévissés sont emportés dans la prothèse et les capuchons de cicatrisation sont remis en place.



Protection du site opératoire et injection de résine autour des piliers provisoires



Piliers provisoires solidarisés à la prothèse

Temps de laboratoire :

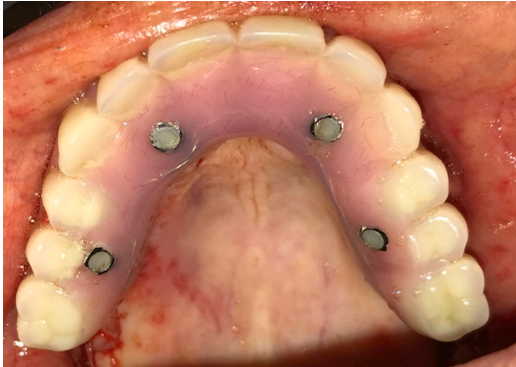
Des analogues de piliers multi-Unit ont été mis en place sur les piliers provisoires. Un modèle en plâtre est coulé.

Les piliers provisoires dépassant de l'extrados sont sectionnés. Un renfort métallique a été ajouté aux piliers provisoires afin de les solidariser et diminuer ainsi les risques de fracture du bridge provisoire résine. La prothèse est évidée au niveau palatin, vestibulaire et distal afin d'éviter les surcharges occlusales. Les embrasures sont dégagées afin de permettre le passage de brossettes et afin ne pas entraver les méthodes d'hygiène.

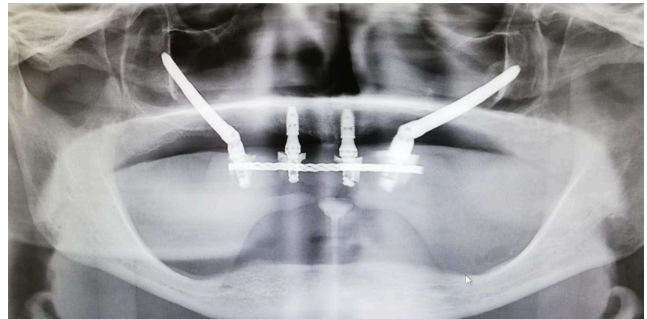


Prothèse supra-implantaire réalisée par le laboratoire Delage (Rouen)

Phase clinique :



Photographie intra-buccale avec la prothèse transvissée



Radiographie panoramique post-opératoire

La prothèse transvissée a été mise en charge 4 heures après la pose des implants zygomatiques.

Les consignes post-opératoires ont été exposées:

- Alimentation mixée pendant 3 mois,
- Conseils d'hygiène dentaire : Brossette/ hydropulseur/ Superfloss®,
- Respect de l'ordonnance,
- Cryo-application.

Un contrôle post-opératoire a été réalisé à J+4. La patiente a rapporté des suites opératoires simples. Il est à noter la présence d'un petit hématome.

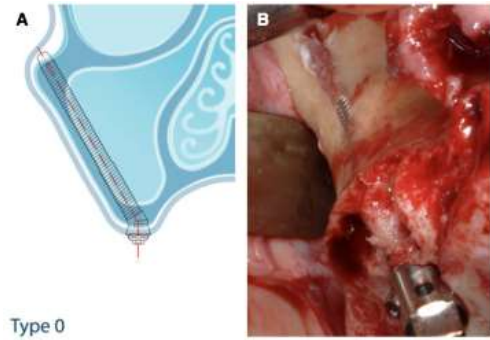
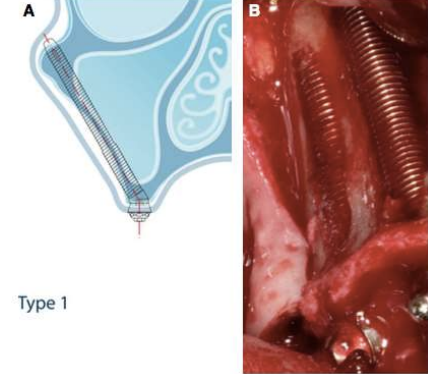


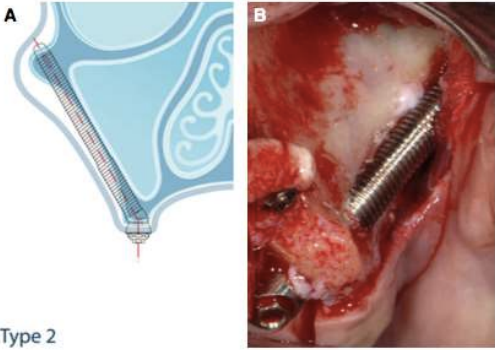
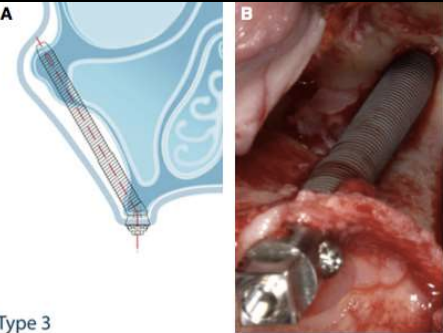
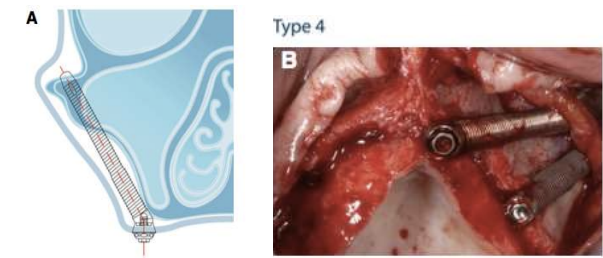
Présence d'un hématome à J+4

Le traitement prothétique définitif sera effectué à 6 mois.

Annexe 2

Tableau récapitulatif de la classification ZAGA

Groupe ZAGA	Anatomie paroi latérale du sinus	Trajet du corps de l'implant	Éléments anatomiques en contact avec l'implant	Illustration
ZAGA 0	Plate	Intra-sinusien	Os alvéolaire maxillaire / Paroi latérale du sinus / Os zygomatique	 <p>The illustration for ZAGA 0 consists of two parts: 'A' is a schematic diagram of the maxillary sinus showing a flat implant plate positioned within the sinus cavity, resting on the alveolar bone and the lateral sinus wall; 'B' is a clinical photograph showing the implant plate in situ during surgery, with a surgical instrument visible at the bottom right.</p>
ZAGA 1	Légèrement concave	Majeure partie à travers le sinus	Os alvéolaire maxillaire / Paroi latérale du sinus / Os zygomatique	 <p>The illustration for ZAGA 1 consists of two parts: 'A' is a schematic diagram of the maxillary sinus showing a slightly concave implant plate positioned such that its major portion is within the sinus cavity; 'B' is a clinical photograph showing the implant plate in situ during surgery, with a surgical instrument visible at the bottom right.</p>

ZAGA 2	Concave	Majeure partie extra-sinusien	Os alvéolaire maxillaire / Paroi latérale du sinus / Os zygomatique	 <p>Type 2</p>
ZAGA 3	Très concave	Extra-sinusien	Os zygomatique / Os alvéolaire	 <p>Type 3</p>
ZAGA 4	Extrêmement concave	Extra-sinusien et Extra-maxillaire	Os zygomatique / Paroi latérale du sinus	 <p>Type 4</p>

Implants zygomatiques : limites, complications et perspectives / **COCATRIX**

Mathilde.- p. (136) : ill.(78) ; réf. (115)

Domaines : Chirurgie buccale – Chirurgie maxillo-faciale - Implantologie

Mots clés Rameau: Implantologie dentaire ; Complications ; Implants dentaires ; Facteurs de risque

Mots clés FMeSH: Os zygomatique ; Chirurgie ; Pose d'implants dentaires ; Prothèse dentaire implanto-portée

Mots clés libres : Implants zygomatiques ; Réhabilitation prothétique ; Perte de substance maxillaire ; Édentement maxillaire

Résumé de la thèse :

Les implants zygomatiques étaient initialement indiqués lors de délabrements maxillo-faciaux, consécutifs de pathologies tumorales ou de séquelles des fentes labio-alvéolo-palatines. Leurs indications se sont ensuite étendues aux patients édentés totaux ou partiels présentant une atrophie sévère du maxillaire.

L'implantologie zygomatique constitue une alternative aux techniques chirurgicales d'augmentation osseuse. Elle permet de aboutir à des réhabilitations prothétiques fixes implanto-portées en réduisant significativement les durées de traitement et la morbidité des prélèvements osseux (calvaria, iliaque).

Néanmoins, il s'agit d'une technique difficile avec un risque non négligeable de complications lié en partie à la complexité des structures anatomiques adjacentes. Les complications per-opératoires majeures sont la perforation du plancher orbitaire et l'effraction au sein de la fosse infra-temporale. D'autres complications surviennent en post-opératoires, entre autres les sinusites, les fistules oro-antrales, ou encore les échecs implantaire et prothétiques.

Une modification du protocole chirurgical initial, l'utilisation d'une nouvelle méthode d'évaluation des profils anatomiques, et enfin l'utilisation des nouvelles technologies ont permis une gestion plus rigoureuse des risques potentiels de complications.

Le développement de la chirurgie guidée et de la navigation chirurgicale contribuera de façon certaine à une réduction significative des complications per et post opératoires dans cette implantologie de recours. La connaissance approfondie de l'anatomie cranio-faciale et l'expérience chirurgicale reste néanmoins des éléments garants du succès de cette thérapeutique.

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Pascal BEHIN

Asseseurs : Madame le Docteur Mathilde SAVIGNAT

Monsieur le Docteur Laurent NAWROCKI

Madame le Docteur Justine ROHART