



HAL
open science

Implants zygomatiques : techniques opératoires et complications

Guillaume Rogerat

► **To cite this version:**

Guillaume Rogerat. Implants zygomatiques : techniques opératoires et complications. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. hal-03298242

HAL Id: hal-03298242

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03298242>

Submitted on 23 Jul 2021

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

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



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**ACADÉMIE DE NANCY-METZ
UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ D'ODONTOLOGIE DE LORRAINE**

Année 2020

N° imprimatur 11253C

**THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le :

11 septembre 2020

par :

Guillaume ROGERAT

Né le 23 septembre 1995 à Épinal (Vosges)

Implants zygomatiques : techniques opératoires et complications

Composition du jury :

Président :

Pr Pascal AMBROSINI

Membres :

Dr Julie GUILLET-THIBAUT

Dr David JOSEPH

Dr Steve CIESLAK

Directeur de thèse :

Pr Pascal AMBROSINI

Par délibération en date du 11 décembre 1972, la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ou improbation

Président : Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen : Professeur Jean-Marc MARTRETTE

Vice-Doyens : Dr Céline CLEMENT – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Anne-Sophie VAILLANT

Membres Honoraires : Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr ARTIS - Pr M. VIVIER

Doyens Honoraires : Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS

Professeur émérite : Pr M-P FILLEUL

Département odontologie pédiatrique Sous-section 56-01	Mme	DROZ Dominique	Maître de conférences *
	Mme	JAGER Stéphanie	Maître de conférences *
	M.	PREVOST Jacques	Maître de conférences
	Mme	HERNANDEZ Magali	Maître de conférences *
	M.	LEFAURE Quentin	Assistant
	Mme	HOMBOURGER Morgane	Assistante
Département orthopédie dento-faciale Sous-section 56-01	M.	VANDE VANNET Bart	Maître de conférences associé *
	Mme	SENG Marilynne	Assistante *
Département prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale Sous-section 56-02	Mme	CLÉMENT Céline	Maître de conférences *
	M.	BAUDET Alexandre	Assistant *
	Mme	NASREDDINE Greyce	Assistante
	M.	VEYNACHTER Thomas	Assistant
Département parodontologie Sous-section 57-01	M.	AMBROSINI Pascal	Professeur des universités *
	Mme	BISSON Catherine	Maître de conférences *
	M.	JOSEPH David	Maître de conférences *
	M.	LACH Patrick	Assistant
	Mme	MAYER-COUPIN Florence	Assistante
	Mme	PAOLI Nathalie	Enseignante univ. – praticien attachée
Département chirurgie orale Sous-section 57-01	Mme	GUILLET-THIBAUT Julie	Maître de conférences *
	M.	BRAVETTI Pierre	Maître de conférences
	Mme	PHULPIN Bérengère	Maître de conférences *
	M.	CLERC Sébastien	Assistant*
	M.	CHAPUIS Hippolyte	Assistant*
	Mme	KICHENBRAND Charlène	Enseignante univ. – praticien attachée*
Département biologie orale Sous-section 57-01	M.	YASUKAWA Kazutoyo	Maître de conférences *
	M.	MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des universités *
	Mme	EGLOFF-JURAS Claire	Maître de conférences *
Département dentisterie restauratrice, endodontie Sous-section 58-01	M.	MORTIER Éric	Professeur des universités *
	M.	AMORY Christophe	Maître de conférences
	M.	BALTHAZARD Rémy	Maître de conférences *
	M.	ENGELS-DEUTSCH Marc	Professeur des universités *
	M.	VINCENT Marin	Maître de conférences*
	Mme	GEBHARD Cécile	Assistante
	M.	GRABER Clément	Assistant
	M.	GIESS Renaud	Assistant *
	M.	DE MARCH Pascal	Maître de conférences
Département prothèses Sous-section 58-01	M.	SCHOUVER Jacques	Maître de conférences
	Mme	VAILLANT Anne-Sophie	Maître de conférences *
	Mme	CORNE Pascale	Maître de conférences *
	M.	CIESLAK Steve	Assistant
	M.	HIRTZ Pierre	Enseignant univ. – praticien attaché
	Mme	MOEHREL Bethsabée	Assistante
	M.	SYDA Paul-Marie	Assistant
	Mme	WILK Sabine	Assistante
	Mme	STRAZIELLE Catherine	Professeur des universités *
	Mme	MOBY (STUTZMANN) Vanessa	Maître de conférences *
Département fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux Sous-section 58-01	M.	SALOMON Jean-Pierre	Maître de conférences
	Mme	JANTZEN-OSSOLA Caroline	Assistante associée

Souligné : responsable de département * temps plein

Mis à jour le 18/11/2019

REMERCIEMENTS AUX MEMBRES DU JURY

À NOTRE PRÉSIDENT ET DIRECTEUR DE THÈSE,

Monsieur le Professeur Pascal AMBROSINI

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Henri Poincaré Nancy I

Habilité à diriger des recherches

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Responsable du département de parodontologie

*Vous nous avez fait l'honneur d'accepter la direction et la Présidence de cette thèse.
Nous vous remercions pour votre disponibilité ainsi que pour vos conseils dispensés
au cours de la rédaction de ce travail.*

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

À NOTRE JUGE,

Madame le Docteur Julie GUILLET-THIBAUT

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Lorraine, mention sciences de la vie et de la santé

Spécialiste qualifié en chirurgie orale

Ancienne interne en odontologie

Maîtres de Conférences – Praticien Hospitalier

Responsable du département de chirurgie orale

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de juger cette thèse.

Nous vous remercions pour l'intérêt porté à notre travail.

Veillez trouver ici le témoignage de notre profonde gratitude.

À NOTRE JUGE,

Monsieur le Docteur David JOSEPH

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Lorraine, mention sciences de la vie et de la santé

Maître de Conférences – Praticien Hospitalier

Vous nous avez fait l'honneur d'être membre du jury de cette thèse nous vous en remercions.

Vous avez su faire preuve de beaucoup de pédagogie au cours de ces années de clinique, vos conseils dispensés seront une aide précieuse dans notre pratique à venir.

Veillez trouver ici l'expression de notre plus profonde gratitude.

À NOTRE JUGE,

Monsieur le Docteur Steve CIESLAK

Docteur en Chirurgie Dentaire

Assistant Hospitalo-Universitaire

Nous vous remercions de la bienveillance que vous nous avez accordé au cours de ces années de clinique et de la spontanéité avec laquelle vous avez accepté de faire partie de ce jury.

Nous avons beaucoup apprécié votre présence au sein du département de prothèse, source de discussions enrichissantes.

Un homme sage a dit un jour « (...) ce n'est pas fait bêtement, il y a une technique derrière l'acte (...) », ces paroles feront écho dans notre future pratique.

Veillez trouver, Docteur Cieslak, l'expression de nos remerciements les plus sincères.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION

1. ÉLÉMENTS ANATOMIQUES ESSENTIELS

1.1 OS ZYGOMATIQUE

1.2 OS MAXILLAIRE

2. TECHNIQUES OPÉRATOIRES

2.1 GÉNÉRALITÉS

2.2 PRÉPARATION

2.3 PROTOCOLES OPÉRATOIRES

2.4 TECHNIQUES EN DÉVELOPPEMENT

3. COMPLICATIONS

3.1 LA SINUSITE

3.2 ÉCHEC D'OSTÉOINTÉGRATION

3.3 AFFECTIONS ET INFECTIONS DES TISSUS MOUS PÉRI- IMPLANTAIRE

3.4 COMMUNICATION BUCCO-SINUSIENNE

3.5 PARESTHÉSIES ET DYSESTHÉSIES

3.6 INFECTION A L'EXTRÉMITÉ DE L'IMPLANT

3.7 FRACTURE DE L'IMPLANT

3.8 LÉSION DES MUSCLES EXTRA-OCULAIRES

3.9 FRACTURE ORBITAIRE

3.10 CLASSIFICATION ORIS : NOUVEAUX CRITÈRES STANDARDISÉS

4. IMPLANTS ZYGOMATIQUES : UNE SOLUTION PERTINENTE EN 2020 ?

CONCLUSION

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXE

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1: planche os zygomatique (source : précis anatomie clinique de la tête et du cou, 2009).....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 2 : planche os maxillaire (source : précis d'anatomie clinique de la tête et du cou, 2009).....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 3 : planche décrivant la vascularisation de la face (source : précis d'anatomie clinique de la tête et du cou, 2009).....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 4 : schéma et photo décrivant la position d'un implant zygomatique en dans le cas d'une anatomie type ZAGA 0 (source : Aparicio, 2011)</i>	<i>20</i>
<i>Figure 5 : schéma et photo décrivant la position d'un implant dans le cas d'une anatomie de type ZAGA 1 (source : Aparicio, 2011)</i>	<i>21</i>
<i>Figure 6 : schéma et photo décrivant la position d'un implant dans le cas d'une anatomie de type ZAGA 2 (source : Aparicio, 2011)</i>	<i>22</i>
<i>Figure 7 : schéma et photo décrivant la position d'un implant dans le cas d'une anatomie de type ZAGA 3 (source : Aparicio, 2011)</i>	<i>23</i>
<i>Figure 8 : schéma et photo décrivant la position d'un implant dans le cas d'une anatomie de type ZAGA 4 (source : Aparicio, 2011)</i>	<i>24</i>
<i>Figure 9 : arcade zygomatique exposée suite à la levée du lambeau (source : Branemark PI et coll, 2004)</i>	<i>31</i>
<i>Figure 10 : illustration montrant la réalisation du point d'entrée dans le plafond sinusien (source : Branemark PI et coll, 2004)</i>	<i>32</i>
<i>Figure 11 : foret de 2.9mm dans son manchon de protection, le zoom dans l'image réalisé permet de comprendre l'utilité de la prise en charge des tissus mous avec l'écarteur pour éviter une lésion provoquée par pointe du foret (source : Branemark PI et coll, 2004).....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 12 : manchon de protection utilisé avec forets (source : Rosenstein J. et coll, 2020)</i>	<i>34</i>
<i>Figure 13 : illustration présentant le passage du foret pilote de 3.5mm réalisé avec le manchon de protection (source : Branemark PI et coll, 2004).....</i>	<i>35</i>
<i>Figure 14 : photographie montrant l'utilisation de la jauge de profondeur pour mesurer longueur du futur implant (source : Branemark PI et coll, 2004).....</i>	<i>36</i>
<i>Figure 15 : illustration montrant l'instrument utilisé pour mise en place manuelle de l'implant zygomatique (source : Branemark PI et coll, 2004).....</i>	<i>37</i>

<i>Figure 16 : photographie de la réalisation du point d'entrée au niveau de l'os zygomatique (source : Grecchi F. et coll, 2017)</i>	<i>38</i>
<i>Figure 17 : photographie avant réalisation de la fente dans la paroi sinusienne. La fraise servira à relier les 2 points d'entrées réalisés précédemment (source : Grecchi F. et coll, 2017).....</i>	<i>39</i>
<i>Figure 18 : photographie de la fente sinusienne (source : Grecchi F. et coll, 2017).</i>	<i>40</i>
<i>Figure 19 : Implant zygomatique positionné par approche « Slot-technique »</i>	<i>42</i>
<i>Figure 20 : implants zygomatiques positionnés en situation extra-sinusienne.....</i>	<i>44</i>
<i>Figure 21 : implant zygomatique positionné par approche extra-maxillaire (source : Malo P. et coll, 2008).....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 22 : utilisation d'un guide chirurgicale dans le cadre de la pose d'un « quad-zygo ». On peut distinguer en position médiane les vis permettant la fixation du guide. (source : Chcranovic RM. et coll, 2010).....</i>	<i>50</i>
<i>Figure 23 : exemple de disposition des mini-vis servant de marqueurs pour la chirurgie guidée (source : Wang, Cl. et coll, 2018).....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 24 : CBCT montrant les mini-vis qui serviront de marqueurs pour la chirurgie guidée (source : Wang, Cl. et coll, 2018).....</i>	<i>53</i>
<i>Figure 25 : instrument permettant de maintenir la tête dans une position fixe pour la durée de l'intervention (source : Wang, Cl. et coll, 2018).....</i>	<i>54</i>
<i>Figure 26 : Pièce à main équipée du système de visualisation spatiale (source : Wang, Cl. et coll, 2018)</i>	<i>54</i>
<i>Figure 27 : Capture d'écran du système VectorVision 2 lors d'une intervention. Le système indique à l'opérateur l'axe et la profondeur de l'instrument en temps réel. (source : Wang, Cl. et coll, 2018)</i>	<i>55</i>
<i>Figure 28 : exemple de de gouttière occlusale servant à la calibration d'un système de chirurgie guidée par ordinateur (source : Gellrich, NC. et coll, 2002)</i>	<i>56</i>
<i>Figure 29 : vue de l'émergence de l'implant à la surface de l'implant zygomatique obtenue par endoscope (source : González-García R. et coll, 2016)</i>	<i>59</i>
<i>Figure 30 : séquence instrumentale ZYGOMA-KIT (Esacrom) pour piezochirurgie (source : Mozzati, M. et coll, 2015).....</i>	<i>61</i>
<i>Figure 31 : résultats de l'étude comparant la précision entre humain et robot pour la pose d'implants zygomatiques sur modèles en plastiques (source : Zhenggang C. et coll, 2019).....</i>	<i>63</i>

Figure 32 : photographie et illustration de la situation préopératoire d'une greffe en écharpe. (source : Aparicio, C. et coll, 2020).....	69
Figure 33 : photographie et illustration de la dissection du lambeau pédiculé dans la muqueuse palatine (source : Aparicio, C. et coll, 2020)	69
Figure 34 : photographie et illustration de la réalisation de l'ostéotomie qui permettra le passage du fil de suture qui fixera le lambeau en position définitive (source : Aparicio C. et coll, 2020).....	70
Figure 35 : photographie et illustration montrant la façon dont doit être passé le fil pour fixer le lambeau (source : Aparicio, C. et coll, 2020) . Erreur ! Signet non défini.	
Figure 36 : photographie et illustration du lambeau fixé en position finale (source : Aparicio, C. et coll, 2020)..... Erreur ! Signet non défini.	
Figure 37 : photographie et illustration montrant la zone de prélèvement pour réaliser une deuxième greffe similaire sur l'implant antérieur homolatéral (source : Aparicio, C. et coll, 2020)	Erreur ! Signet non défini.
Figure 38 : photographie et illustration de la situation finale d'une double greffe en écharpe homolatérale (source : Aparicio, C. et coll, 2020)	71
Figure 39 : photographie post-opératoire à 3 mois. On peut constater l'épaississement réussi des tissus mous dans la zone greffée (source : Aparicio, C. et coll, 2020).....	72
Figure 40 : Traction bilatérale de la boule de Bichât suite à la pose de deux implants zygomatiques en technique extra-maxillaire (Penaroccha-Oltra D. et coll, 2015).....	73
Figure 41 : photographie d'une traction bilatérale de la boule de Bichât (source : Penaroccha-Oltra D. et coll, 2015)	76
Figure 42 : diagramme de l'évolution du nombre d'articles référencés sur PubMed répondants aux mots-clés « Zygomatic Implant » en appliquant le filtre « dental journal » en catégorie (source : https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov).....	80
Figure 43 : tableau récapitulatif de la classification ORIS, le statut sinusien sera à évaluer radiologiquement et cliniquement selon les modalités présentées à la figure 42 (source : Aparicio C. et coll, 2020).....	83
Figure 44 : Classification de Lund-Mackay pour évaluation radiologique des sinus (premier tableau) et classification de Lanza et Kennedy pour l'évaluation clinique (second tableau) (Source : Aparicio C. et coll, 2020)	84

INTRODUCTION

Présentés pour la première fois en 1988 par le Professeur Branemark, les implants zygomatiques ont été conçus à la base pour s'affranchir d'un protocole au taux d'échec important : les greffes osseuses (certaines études annonçaient alors des taux allant de 10 % jusqu'à 23 % dans certains cas, Urgell JP, 2008).

Les premiers patients à avoir bénéficié de ce type d'implantation souffraient de pertes osseuses maxillaires principalement d'origine tumorale ou traumatique mais, au fur et à mesure, la technique s'est étendue à tous les patients atteints de résorptions de crêtes alvéolaires importantes.

Initialement envisagée en deux temps (mise en place des implants, phase d'ostéointégration suivi de la mise en fonction (Branemark et coll, 2004)), le perfectionnement des techniques au fil des années permet aujourd'hui la mise en fonction immédiate et donc, une réhabilitation prothétique plus rapide pour le patient (Esposito et coll, 2013).

En premier lieu réservés aux chirurgiens maxillo-faciaux puis ouverts aux chirurgiens-dentistes en 1998 (Migliorança et coll, 2019), les implants zygomatiques ont su séduire de nombreux praticiens à travers le monde – notamment grâce à leurs nombreux avantages (réduction des coûts, des durées de traitements, absence de greffes osseuses (Tran AQ et coll, 2019)). Cette démocratisation du concept a permis le développement de différentes techniques sensées pallier aux défauts du protocole de Branemark.

Qu'ils soient au nombre de 2, 4 ou 6 (Esposito, 2013) associés ou non à des implants conventionnels, les implants zygomatiques sont au même titre que toutes les interventions chirurgicales soumis à des complications pouvant entraîner à terme l'échec du projet prothétique, fil conducteur de tout projet implantaire (Davo R. et coll, 2019).

L'objectif de cet écrit sera donc de recenser ces différentes techniques chirurgicales, leurs avantages et inconvénients, les complications associées ainsi que les solutions existantes afin de permettre aux lecteurs de pouvoir aborder au mieux l'os zygomatique dans leur pratique implantaire.

1. Éléments anatomiques essentiels

« Le positionnement d'implants zygomatiques requiert une profonde connaissance de l'anatomie du processus alvéolaire du maxillaire, en particulier la région des prémolaires et des molaires ainsi que du sinus maxillaire » (Alandez & coll. 2012)

Au cours de cette partie, nous nous intéresserons aux zones anatomiques concernées par la pose d'implants zygomatiques ainsi que les risques qu'elles comportent.

À la différence de l'implant dentaire conventionnel, l'implant zygomatique (de par sa longueur) concerne 2 zones anatomiques distinctes :

- Dans sa partie haute, là où l'implant s'ancrera : l'os zygomatique
- Dans sa partie basse, là où l'implant fera son émergence en bouche, ce sera l'os maxillaire (le processus alvéolaire selon son degré de résorption) qui sera concerné.

1.1. Os zygomatique

Constituant une partie du plancher orbitaire ainsi que le bord latéral de l'orbite (via le processus frontal), l'os zygomatique est un os qui est, dans la pratique quotidienne, hors du champ d'action du chirurgien-dentiste.

Suite au développement des techniques implantaire en site zygomatique, des études ont été faites afin d'évaluer sa qualité d'os receveur d'implant ainsi, une étude menée par Nkenke et coll (2003) révéla que la structure histologique de l'os zygomatique n'en faisait pas un site propice au placement d'implants (os trabéculaire aux paramètres défavorables).

Cependant, cette même étude révéla que, de par le trajet de l'implant zygomatique (consistant à traverser au total 4 couches d'os corticale : corticale palatine du processus alvéolaire du maxillaire, corticale du plancher sinusien dans la portion crestale, corticale du plafond sinusien et la corticale externe de l'os zygomatique dans la portion apicale), il était alors possible d'obtenir une stabilisation primaire suffisante et, à terme, une ostéointégration.

Toutefois, une autre étude (Corvello et coll, 2017) vint nuancer l'obtention de cette stabilisation primaire avec le choix de la technique opératoire (une technique extra-maxillaire faisant traverser moins de couches corticalisées à l'implant, point développé dans le « 2. Techniques opératoires »)

D'un point de vue plus anatomique, nous retrouverons sur l'os zygomatique deux éléments notables :

- Le foramen zygomatiko-facial, lieu de passage du nerf zygomatiko-facial.
- Le foramen zygomatiko-temporal, d'où émerge le nerf zygomatiko-temporal

Les nerfs zygomatiko-facial et zygomatiko-temporal (en charge respectivement de l'innervation sensitive cutanée de la région zygomatique et de la partie antérieure de la région temporale) seront, de par leur localisation proche du trajet implantaire, des éléments sur lesquels notre attention devra se porter au cours de l'intervention. Une planification rigoureuse par imagerie 3D devra être faite afin de localiser précisément ces branches du nerf zygomatique et les protéger durant l'intervention. (Xu X. et coll, 2017)

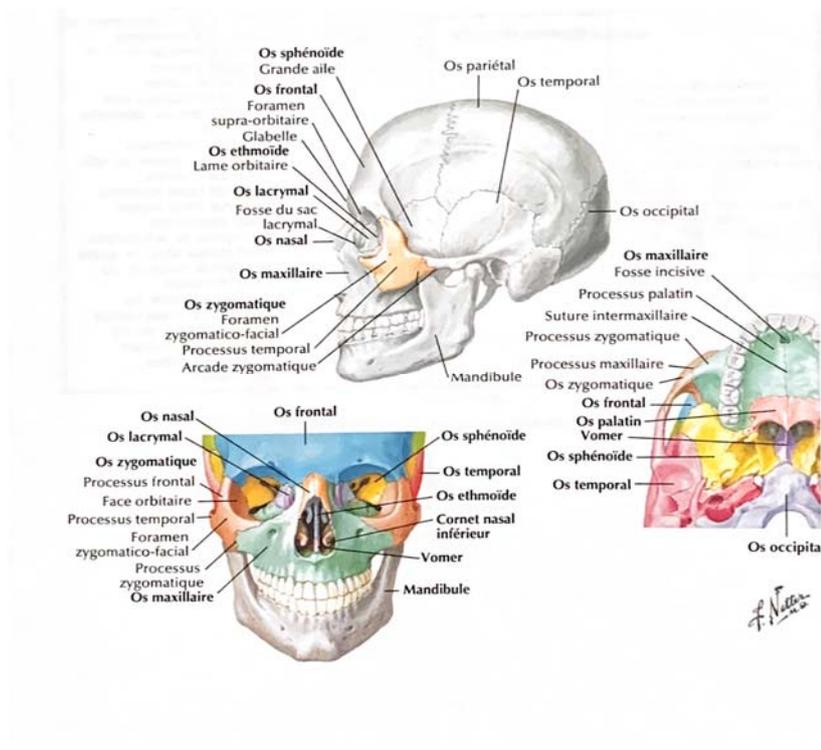


Figure 1: planche os zygomatique (source : précis anatomie clinique de la tête et du cou, 2009)

1.2. Os maxillaire

Principal os de l'étage moyen de la face, l'os maxillaire est un lieu d'intervention plus fréquent pour le chirurgien-dentiste.

De forme pyramidale, il est creusé d'une cavité aérienne : le sinus maxillaire (tapissé lui-même d'un épithélium de type respiratoire : la membrane de Schneider)

Trois éléments seront cette fois à garder à l'esprit :

- Le foramen infra-orbitaire : orifice permettant le passage du paquet vasculo-nerveux éponyme, il sera à identifier dès la levée du lambeau. Une lésion de ce paquet entraînerait d'une part une hémorragie (contingent vasculaire), mais d'autre part une altération de la perception sensitive cutanée infra-orbitaire. (Mozzati, 2016).

De plus, sa localisation précise servira de point de repère pour le placement de l'implant (Chow, 2020)

- La membrane de Schneider : d'une épaisseur physiologique moyenne de 0,3mm, cette membrane qui tapisse le sinus sera principalement exposée au risque de perforation (risque lié à sa finesse). Même si la préservation de son intégrité reste désirable, une lésion de la muqueuse sinusienne peropératoire ne contre-indiquera pas la poursuite de l'intervention (Insua et coll, 2016). Il faudra néanmoins veiller à ce que la membrane ne s'attache pas d'une quelconque manière à l'implant, la présence de tissu mou sur le corps de l'implant entraînera la non-ostéointégration de ce dernier (Bedrossian et coll, 2011).

- L'artère alvéolo-antrale : issue de l'anastomose entre l'artère alvéolaire postéro-supérieure et l'artère infra-orbitaire cette artère, retrouvée chez 100% des patients, chemine au niveau de la paroi latérale du sinus maxillaire. La particularité se situera dans la détermination de sa localisation exacte.

Cheminant de façon aléatoire (au sein de la corticale, sous le périoste ou sous la membrane de Schneider) elle ne sera objectivable à la radiographie que dans 50% des situations.

Son diamètre également variable pourra être source de complications. D'un diamètre inférieur à 2mm dans 96% des cas, elle peut parfois dépasser les 3mm de diamètre chez certains patients. Ainsi, si dans la grande majorité des cas une lésion de l'artère se stoppera d'elle-même par contraction de cette dernière, certaines hémorragies nécessiteront une intervention de l'opérateur (compression avec compresse stérile

imbibée de sérum physiologique recommandée, l'utilisation du bistouri électrique pouvant léser la membrane de Schneider) (Rosana et coll, 2019)

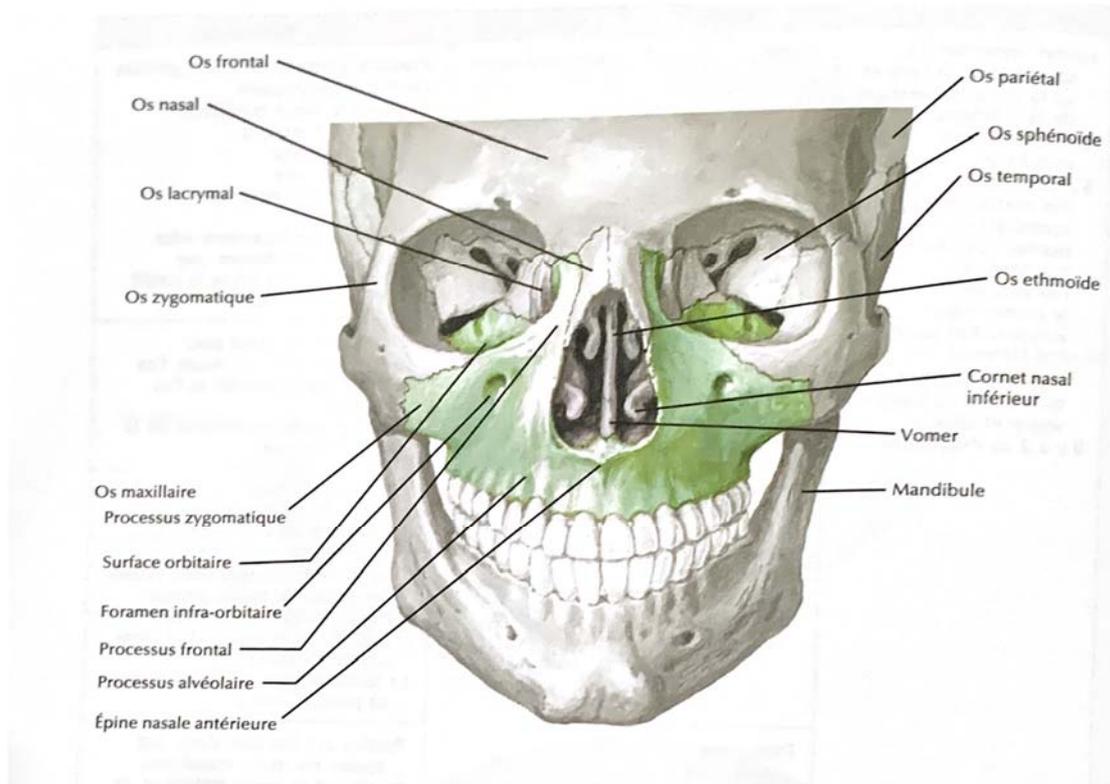
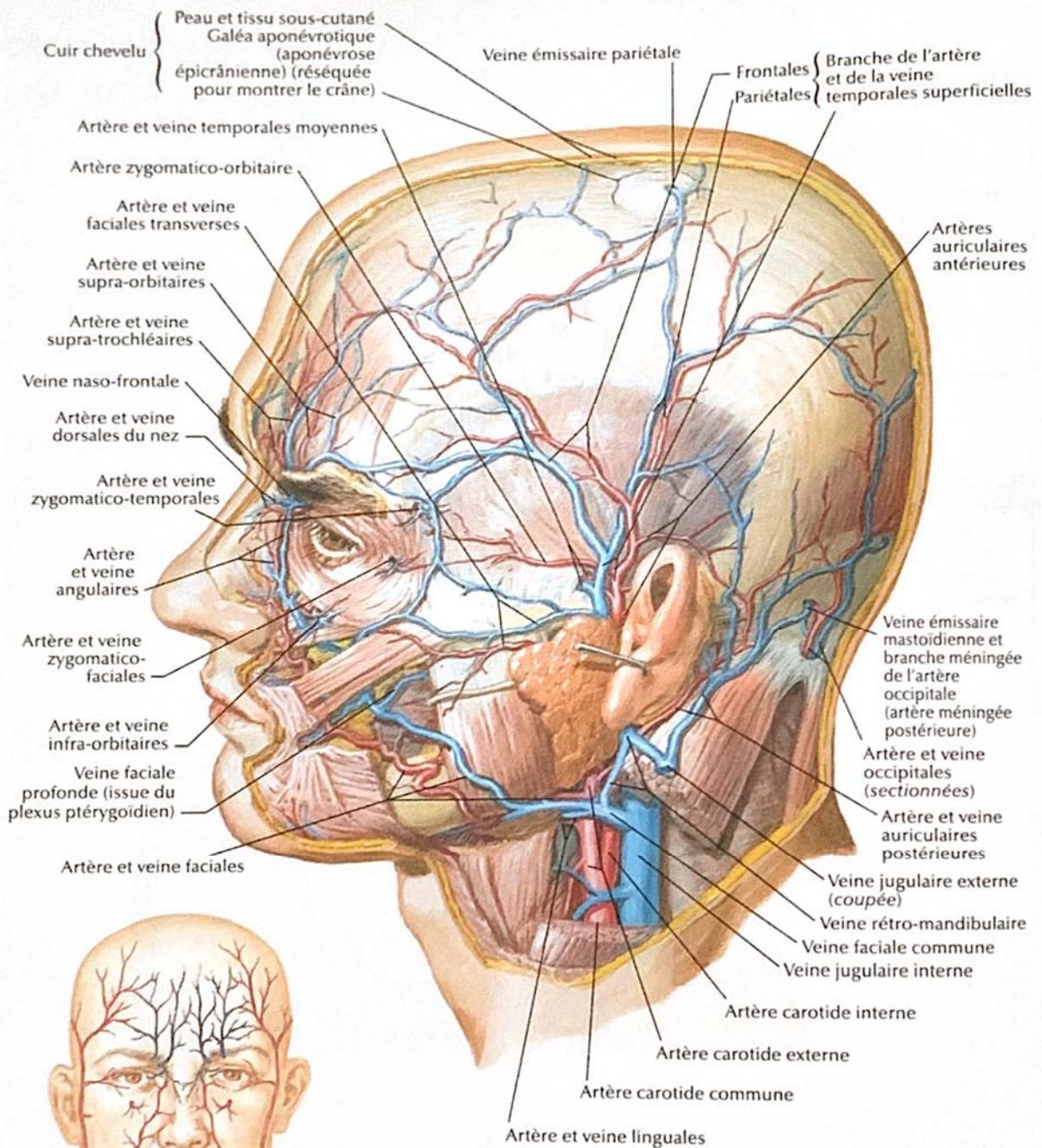


Figure 2 : planche os maxillaire (source : précis d'anatomie clinique de la tête et du cou, 2009)



Origines de la vascularisation artérielle de la face

En noir : origine carotidienne interne (par l'intermédiaire de l'artère ophtalmique)
 En rouge : origine carotidienne externe

F. Netter M.D.

Figure 3 : planche décrivant la vascularisation de la face (source : précis d'anatomie clinique de la tête et du cou, 2009)

2. Techniques opératoires

2.1. Généralités

2.1.1. Les différentes techniques

Après des années de développement et de perfectionnement, la pose d'implants zygomatiques s'envisage aujourd'hui selon quatre techniques majeures, développées dans l'ordre suivant :

- Technique intra-sinusienne : développée par Branemark en 1988, il s'agit du protocole original développé pour la mise en place d'implants zygomatiques. La technique repose sur la réalisation d'une « fenêtre » dans la paroi sinusienne qui permettra de contrôler le positionnement de l'implant qui chemine au travers du sinus maxillaire. (Branemark PI. et coll, 2004)
- « Slot technique » (Stella JP, et coll, 2000), mise au point en 2000
- Technique extra-sinusienne : (Migliorança R. et coll, 2011), mise au point en 2006
- Technique par approche extra-maxillaire (Malo P. et coll, 2008), mise au point en 2008

2.1.2. Indications

De manière générale, les implants zygomatiques répondent à deux indications principales :

- traitement des atrophies sévères du maxillaire chez l'édenté partiel ou total dans le but d'éviter les protocoles de greffes osseuses ou de soulèvements de sinus
- Reconstruction après des maxillectomies (totales ou partielles). (Esposito M. et coll, 2013)

De manière plus précise, même si tous les protocoles partent avec des incisions similaires, il n'y a à ce jour pas encore de consensus sur la technique idéale. Ainsi, chaque protocole tend à répondre à des indications particulières (réduction des

complications sinusiennes, amélioration du profil d'émergence,...) (Davo R. et coll, 2019)

2.1.3. Contre-indications

Au même titre que les implants endo-osseux conventionnels les implants zygomatiques présentent des contre-indications. (Rosenstein J. et coll, 2020)

Ces dernières, similaires dans les deux situations, nous sont présentées par Davo R. et son équipe dans « *Quad Zygoma - Technics and realities* » (2019) :

- Contre-indications générales à la chirurgie
- Addictions (tabac, ...)
- Antécédents de radiothérapie de la tête et du cou
- Antécédents de prise de bisphosphonates par voie intraveineuse
- Diabète non contrôlé
- Ouverture buccale limitée
- Maladie parodontale non traitée
- Mauvaise hygiène buccale
- Patients immunodéprimés
- Femmes enceintes ou allaitantes
- Structure anormale sur du site implantaire

2.1.4. La classification ZAGA

Afin de pouvoir guider les praticiens dans le choix de leur technique opératoire, une classification basée sur l'anatomie du complexe maxillo-zygomatique a été développée (Aparicio C. et coll, 2011)

Nommée « classification ZAGA » (pour « Zygoma Anatomy Guided Approach »), elle est divisée en 5 catégories selon le degré de résorption de la crête alvéolaire et de la concavité de la paroi latérale du maxillaire :

- ZAGA 0 : environ 15% des cas

- la paroi maxillaire est plate
- la tête de l'implant est située sur la crête alvéolaire
- l'implant a un trajet intra-sinusien

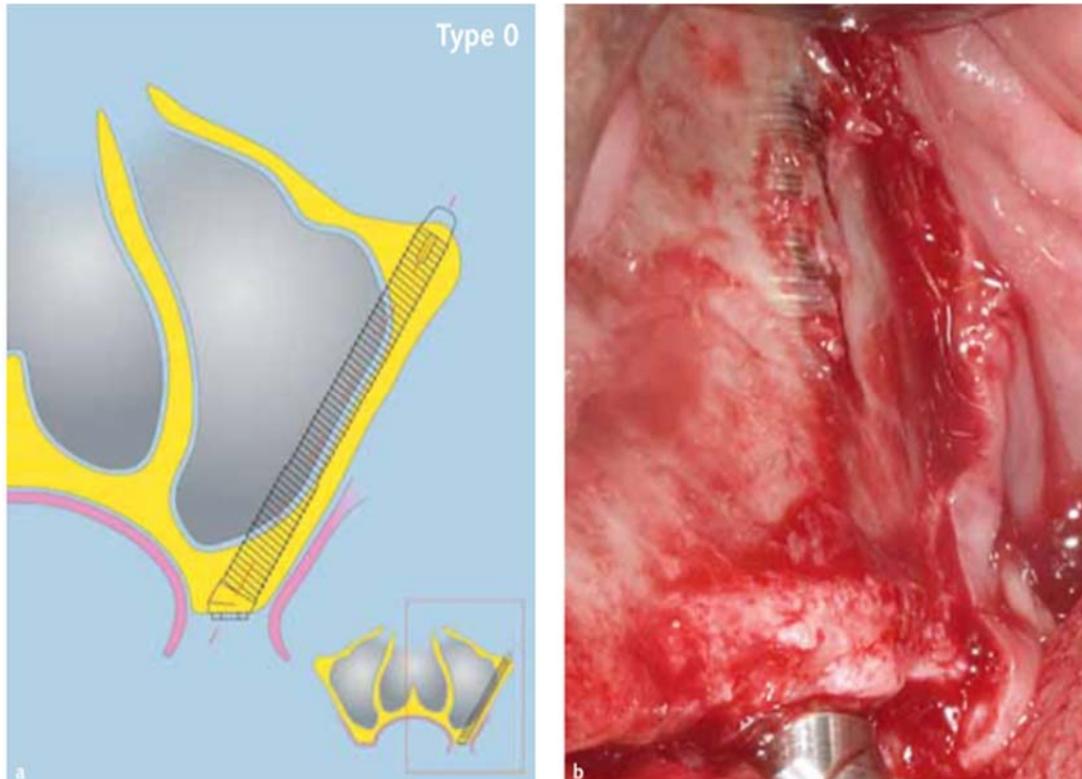


Figure 4 : schéma et photo décrivant la position d'un implant zygomatique en dans le cas d'une anatomie type ZAGA 0 (source : Aparicio, 2011)

- ZAGA 1 : environ 49% des patients

- la paroi maxillaire est légèrement concave
- la tête de l'implant est située sur la crête alvéolaire
- l'implant traverse la paroi sinusienne, la majeure partie du corps implantaire aura un trajet en partie intra-sinusien.

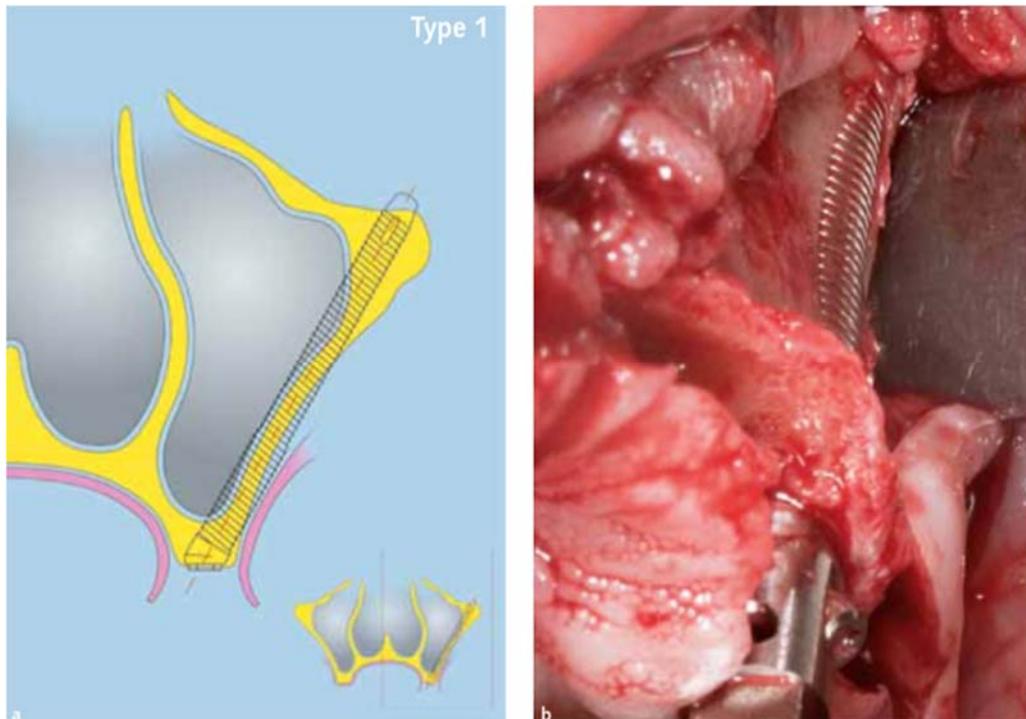


Figure 5 : schéma et photo décrivant la position d'un implant dans le cas d'une anatomie de type ZAGA 1 (source : Aparicio, 2011)

ZAGA 2 : environ 20,5% des cas

- la paroi du maxillaire est concave
- la tête de l'implant est localisée sur la crête alvéolaire
- l'implant traverse la paroi sinusienne, la majeure partie du corps implantaire aura un trajet extra-sinusien

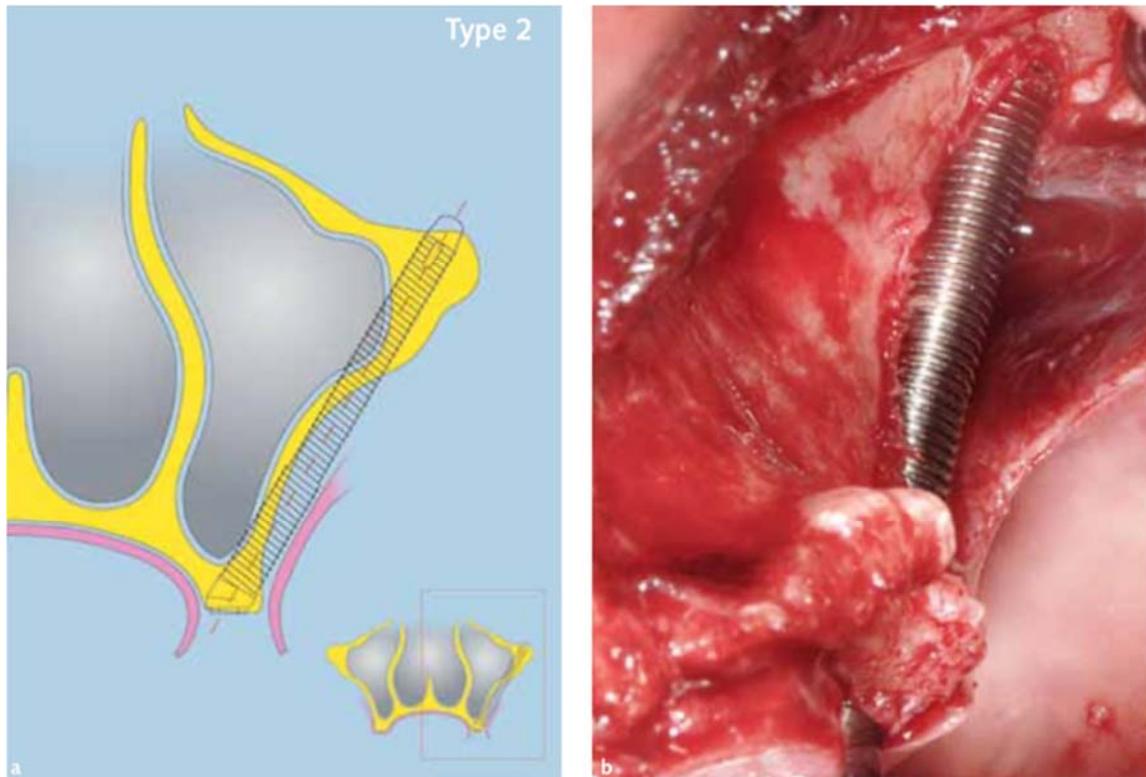


Figure 6 : schéma et photo décrivant la position d'un implant dans le cas d'une anatomie de type ZAGA 2 (source : Aparicio, 2011)

- ZAGA 3 : environ 9% des cas

- La paroi du maxillaire est très concave
- la tête de l'implant est située sur la crête alvéolaire
- la majeure partie de l'implant a un trajet extra-sinusien
- la moitié de l'implant ne touche pas la partie la plus concave de la paroi sinusienne
- l'implant est en contact avec l'os seulement sur sa partie coronaire et apicale

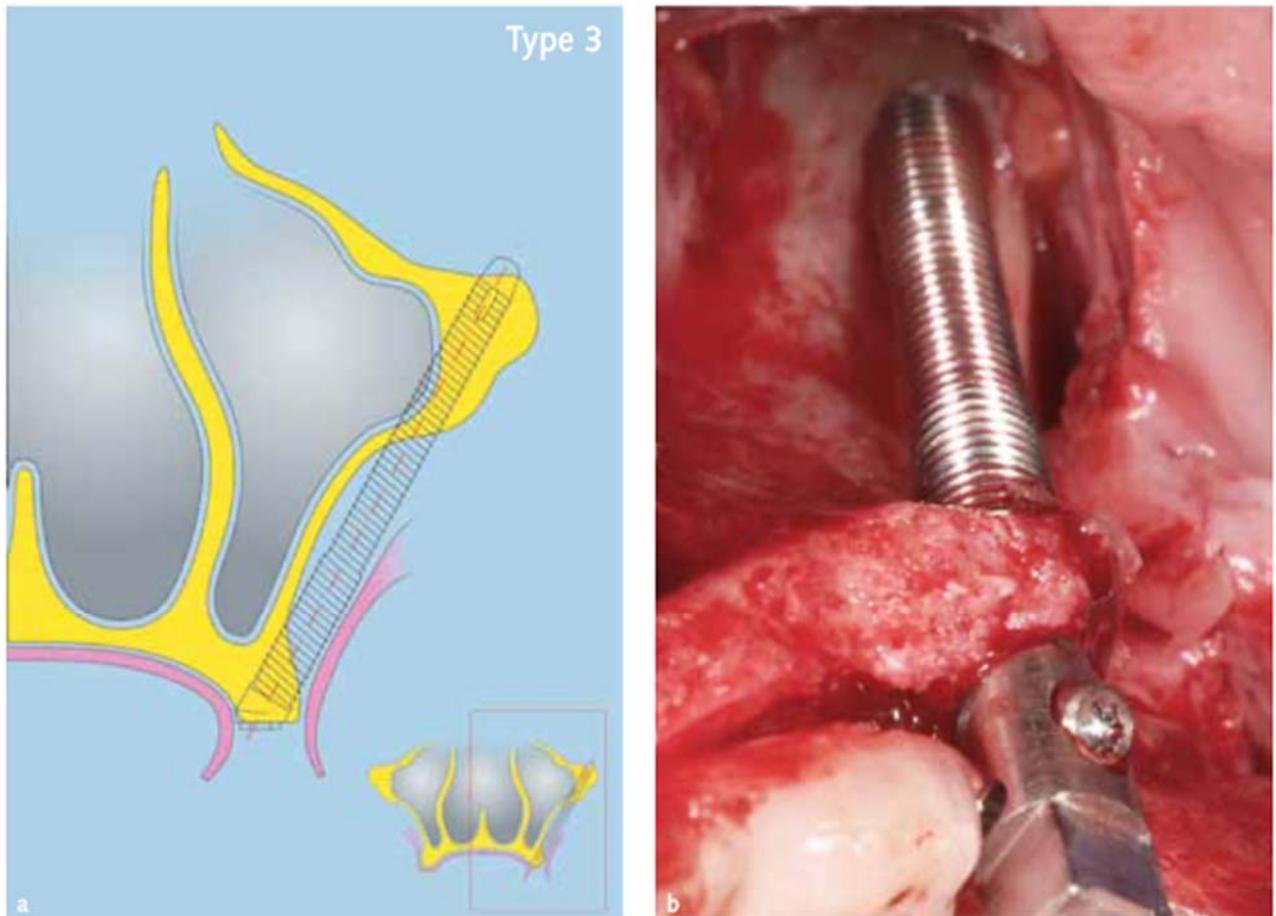


Figure 7 : schéma et photo décrivant la position d'un implant dans le cas d'une anatomie de type ZAGA 3 (source : Aparicio, 2011)

- ZAGA 4 : environ 6,5% des cas

- le processus alvéolaire du maxillaire montre une résorption verticale et horizontale très avancée
- la tête de l'implant est vestibulaire par rapport à la crête alvéolaire (pas d'ostéotomie nécessaire ou alors de manière très limitée)
- la majeure partie de l'implant est en situation extra-sinusienne mais également extra-maxillaire (seule la partie apicale de l'implant est en contact avec de l'os)

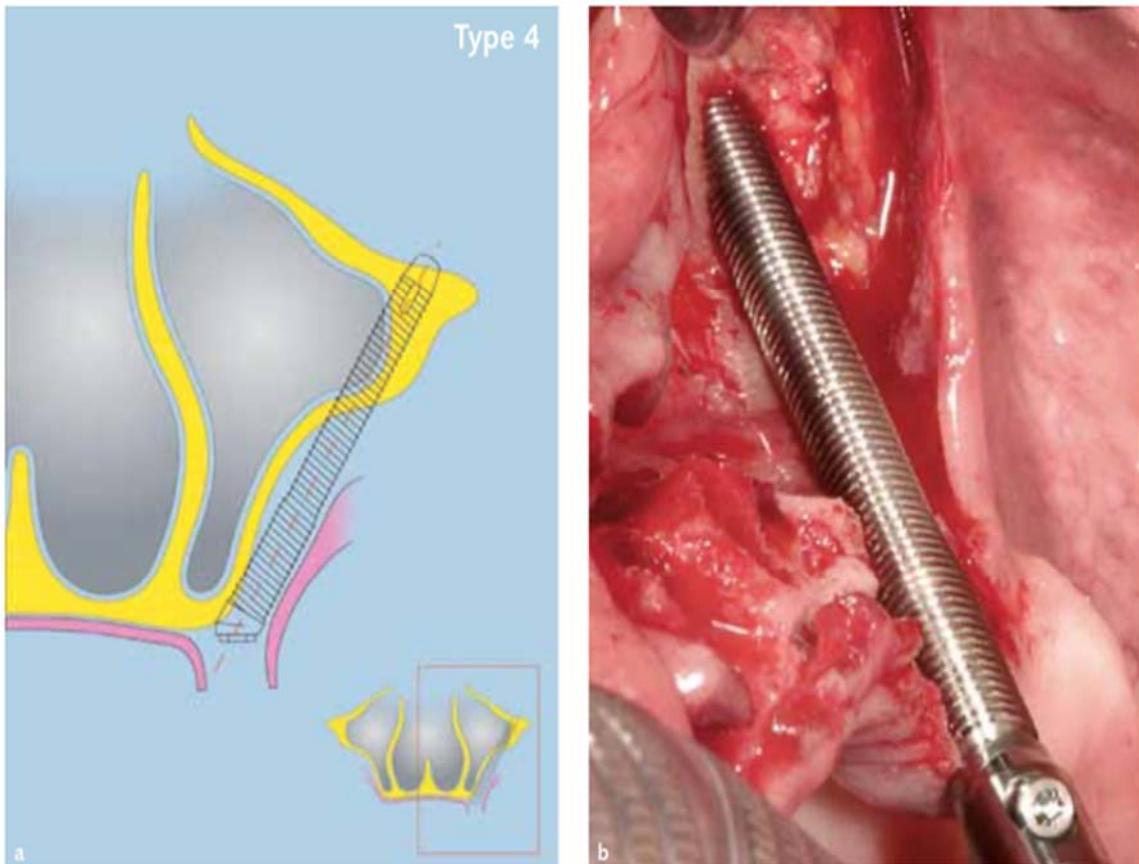


Figure 8 : schéma et photo décrivant la position d'un implant dans le cas d'une anatomie de type ZAGA 4 (source : Aparicio, 2011)

À cela se rajoute une différence notable rapportée par l'auteur : 58% des patients ont présenté une différence anatomique entre le côté droit et le côté gauche (et donc, avait une classification différente entre les deux côtés).

Ainsi, pour résumer, un patient en situation ZAGA 0 ou ZAGA 1 se verra généralement proposer une technique intra-sinusienne alors qu'un patient en ZAGA3 ou ZAGA4 sera plus propice à une technique extra-sinusienne ou extra-maxillaire. (Davo R. 2019)

2.2. Préparation

2.2.1. Planification

- Techniques d'acquisition

Comme pour tout acte chirurgical, la pose d'implants zygomatique nécessite une planification afin de pouvoir évaluer les difficultés qui se présenteront au praticien lors de l'intervention.

Dans le cadre des implants zygomatiques, cette planification sera permise par la réalisation de clichés radiographiques en deux dimensions (orthopantomogramme) mais également, et surtout, de clichés radiographiques en trois dimensions. (Bedrossian E. et coll, 2011)

Cette analyse pré-opératoire permettra d'évaluer le complexe maxillo-zygomatique (état du sinus maxillaire, hauteur et épaisseur de l'os zygomatiques, courbure de la paroi latérale du maxillaire ainsi que son rapport avec le processus zygomatique et l'os zygomatique, l'os alvéolaire résiduel, la perméabilité du méat moyen, ...) (Bedrossian E. et coll, 2011 ; Aparicio C. et coll, 2011, Davo R. et coll, 2019)

Afin d'obtenir ces images en trois dimensions, deux grandes possibilités se présentent au praticien :

- Le scanner (multicouches, « MSCT »)
- Le CBCT

De par ses avantages, le CBCT est rapidement devenu un examen de choix, que cela soit dans le domaine dentaire ou le domaine maxillo-facial.

Il permet aujourd'hui d'obtenir des clichés suffisamment qualitatifs avec des doses de rayonnements ionisants nettement inférieur au scanner conventionnel (scanner multicouches « MSCT »). (Suomalainen A. et coll, 2009)

Un autre avantage du CBCT est sa facilité d'utilisation. Là où un scanner conventionnel nécessitera une position particulière de la tête du patient pour obtenir un maximum de

précision (Pena N & coll. 2008), le CBCT s'affranchi de cette contrainte et permet d'avoir une image exploitable de manière plus aisée. Cette aisance d'acquisition est cependant une source potentielle de flou cinétique : le patient étant généralement debout (ou assis), le risque de mouvements involontaires est plus élevé (Chow J, 2020)

Bien qu'il semble avantageux, le CBCT présente des inconvénients par rapport au scanner qui reste encore à ce jour une technique tout à fait d'actualité dans le cadre de protocoles implantaires. Il appartiendra donc au praticien de choisir la technique d'acquisition la plus adéquate en regard de ses besoins (Chow J, 2020)

2.2.2. Médication pré-per-post opératoire

Même si aucun protocole médicamenteux n'a clairement été établi dans la littérature, les différents auteurs ayant détaillé les prescriptions réalisées ont présenté quelques similitudes :

- Dans « Rehabilitation of totally atrophied maxilla by means of four zygomatic implants and fixed prosthesis : a 6-40 month follow -up », Stievenard propose le protocole suivant :
 - en pré-opératoire : 1g d'Augmentin la veille de l'intervention puis 1g 3h avant la chirurgie
 - en peropératoire : administration de 32mg de methylprednisolone (pour prévenir d'éventuels œdèmes de la face et des lèvres)
 - en post-opératoire : 1g d'Augmentin le matin et le soir pendant 4 jours, couplé à du paracétamol codéiné pour la douleurs. Des bains de bouche à la chlorexidine après chaque repas jusqu'à cicatrisation ont aussi été prescrits
- Dans « Endoscopically assisted zygomatic implant Placement : à nouvel approach » Gonzalez-Garcia ne détaille pas sa prescription mais évoque la mise en place d'une antibiothérapie débutée la veille de l'intervention et poursuivie ainsi que d'une prise en charge de la douleur avec des AINS.

- Dans « a new approach to rehabilitate the severely atrophic maxilla using extra-maxillary anchored implants in immediate function : a pilot study » Malo propose :
 - Augmentin 1g toutes les 8 heures dans les 4 jours suivant l'intervention, puis du 4ème au 8ème jour : 1g toutes les 12h
 - anti-inflammatoires stéroïdiens (corticoïdes) en dégressif : 15mg le jour de la chirurgie puis 10mg à J+1 et J+2 puis 5mg à J+3 et J+4
 - anti-inflammatoires non stéroïdiens : ibuprofène 600mg toutes les 12h du 4ème au 8ème jour
 - analgésiques : Clonixine 300mg pendant les 3 premiers jours si douleurs.

À cela se sont rajoutés les conseils post-opératoires suivants :

- alimentation molle durant les deux premiers mois suivants l'intervention
 - Gengigel (gel acide hyaluronique) pour hygiène quotidienne les deux premiers mois puis application gel à la chlorexidine du deuxième au sixième mois.
- enfin, dans « Réhabilitation With 4 zygomatic implants with a new surgical protocol using ultrasonic technique », Mozzati rapporte le protocole suivant :
 - 1 semaine avant la chirurgie, le patient avait rendez-vous avec un hygiéniste pour explication des mesures à mettre en place.
 - réalisation de bains de bouche à la chlorexidine au cours des trois jours précédant la chirurgie
 - Augmentin 1g à prendre toutes les 8 heures pendant 6 jours, à débiter la veille au soir de l'intervention (si allergie aux pénicillines : prescription d'érythromycine 600mg toutes les 8 heures, à débiter la veille au soir). En per-opératoire, il a été administré au patient 2g d'Amoxicilline.
 - l'antibiothérapie a été complété en peropératoire par l'administration de 10mg de ketarolac et 8mg de bétaméthasone
 - pour la prise en charge de la douleur : prescription de paracétamol 1g toutes les 12 heures pendant 6 jours.
 - recommandation d'une alimentation molle pendant 3 mois
 - Pour l'hygiène, utilisation d'une brosse à dent chirurgicale jusqu'à cicatrisation muqueuse, bain de bouche à la chlorexidine 0,2% pendant 20j (matin et soir).

De ces différents articles il en ressort que la mise en place d'une antibiothérapie à spectre large (type Augmentin) à débiter la veille, couplé à des anti-inflammatoires et des antalgiques sont la base de la prise en charge médicamenteuse avant et après la pose d'implants zygomatiques.

(L'administration, peropératoire n'ayant été mentionné que par un seul auteur, elle ne sera pas incluse dans le tableau général)

2.2.3. Anesthésie

Étape nécessaire à la réalisation de toute intervention chirurgicale, l'anesthésie dans le cadre de la pose d'un implant zygomatique peut se faire de deux manières différentes :

- dans la technique historique décrite par Branemark, l'intervention se réalisait sous anesthésie générale.
- Plus récemment des cas d'intervention sous anesthésie locale (complétée par une sédation veineuse ou orale) ont été décrits dans la littérature, pouvant remettre en cause la nécessité de l'anesthésie générale

À noter que dans le cas de l'anesthésie générale, des rappels anesthésiques locaux seront malgré tout réalisés, l'utilisation de vasoconstricteurs permettant de réduire les saignements au cours de l'intervention. (Aparicio C. et coll 2014, Davo R. et coll 2019)

- Quelle technique choisir ?

Pour ce qui est du ressenti patient, une étude faite par Almeida P. et coll. (2017) a révélé que l'intervention sous anesthésie générale ou sous anesthésie locale (complétée par une sédation, orale ou veineuse) ne présentait par de différence significative pouvant permettre le choix d'une technique plutôt que l'autre.

Du point de vue opérateur, la technique d'anesthésie choisie aura des différences plus notables.

Ainsi, l'étude réalisée par Aparicio C. et coll. (2017) souligne que l'intervention sous anesthésie locale sera recommandée dans le cadre d'intervention de plus courte durée (<1h30) et pour des praticiens expérimentés.

À cela l'étude rajoute que la réalisation de l'intervention avec cette procédure permet d'avoir un patient conscient ce qui peut faciliter l'acte chirurgical.

- Comment anesthésier ?

L'anesthésie générale n'étant pas du ressort du Chirurgien-dentiste, la procédure ne sera pas détaillée ici. Le recours à un Médecin Anesthésiste-Réanimateur sera donc nécessaire.

L'anesthésie locale sera elle accessible au Chirurgien-dentiste, selon le protocole suivant : (Aparicio C. et coll, 2014)

Le protocole se compose d'un ensemble de 4 anesthésies par infiltration :

- Anesthésie par infiltration classique (type para-apical) en vestibulaire, de l'incisive centrale à la troisième molaire (de molaire à molaire si intervention bilatérale) avec solution adrénalinée à 1/50 000
- Anesthésie tubérositaire haute : permet d'anesthésier le nerf alvéolaire postéro-supérieur, réalisée avec une solution adrénalinée à 1/50 000
- Anesthésie canine haute : permettant d'anesthésier le nerf infra-orbitaire, réalisée à l'aide d'une solution adrénalinée à 1/50 000
- Anesthésie du nerf grand palatin, via une injection dans le foramen grand palatin (solution adrénalinée à 1/50 000)

L'auteur décrit également une anesthésie de la région zygomatique par infiltration trans-cutanée, cette réalisation par le chirurgien-dentiste en France est plus discutable.

2.3. Protocoles opératoires

2.3.1. Technique historique développée par Branemark

La chirurgie, comme décrite initialement, se déroulait de la manière suivante :

- Une incision vestibulaire (similaire à celle d'un Lefort de type I) était réalisée de molaire à molaire.

Aujourd'hui le trajet d'incision a été modifié, cette dernière est réalisée en sommet de crête. L'intérêt de cette méthode est de conserver du tissu kératinisé de part et d'autre de la future émergence de l'implant, limitant ainsi le risque de récession. (Davo R. et coll, 2019)

- Décollement muco-périosté jusqu'au palais dur afin d'exposer les crêtes alvéolaires et le palais osseux
- Décollement muco-périosté du lambeau supérieur jusqu'à l'os zygomatique afin d'exposer ce dernier et localiser le foramen infra-orbitaire. Au cours de cette étape, l'exposition de la partie antérieure de l'arcade zygomatique pouvait nécessiter la section de fibres du faisceau superficiel du masséter. La levée du lambeau se poursuivait jusqu'à la suture zygomatique postérieure.

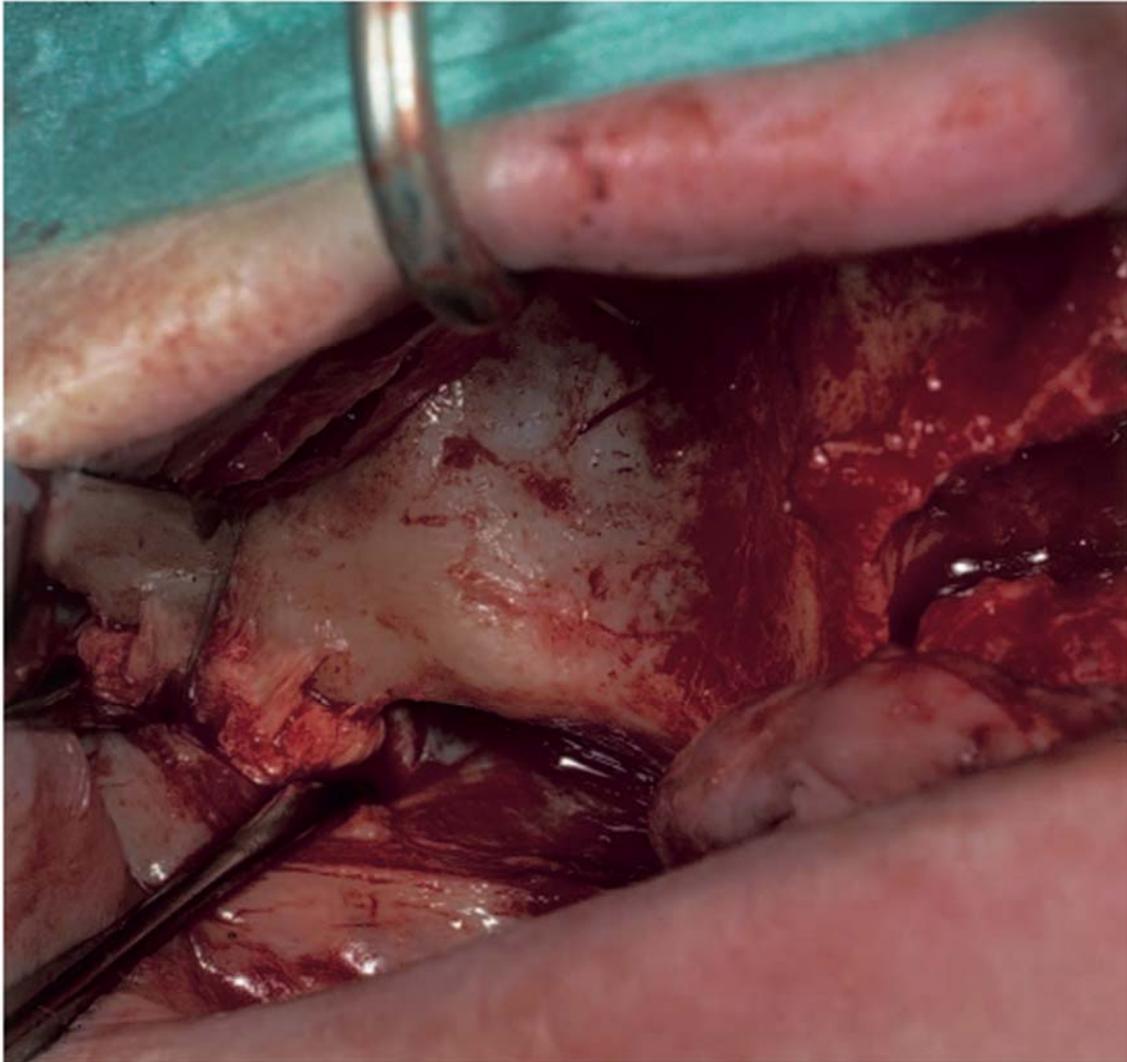


Figure 9 : arcade zygomatique exposée suite à la levée du lambeau (source : Branemark PI et coll, 2004)

La prise en charge des tissus mous était ensuite réalisée à l'aide d'écarteurs spécifiques placés au niveau de la suture zygomatique postérieure. Cela avait pour but de maintenir les tissus afin d'avoir un champ de vision dégagé mais également pour protéger ces derniers lors des procédures de fraisage.

- Une fenêtre osseuse d'environ 10mmx5mm a ensuite été réalisée dans la partie supérieure de la paroi sinusienne, cette ouverture avait pour fonction de permettre la vision du plafond sinusien afin de localiser le futur point d'entrée de l'implant dans l'os zygomatique. Une fois l'antrotomie réalisée, la membrane sinusienne a été

soulevée et une gaze imbibée de solution adrénalinée a été mise en place dans le sinus pendant quelques minutes afin de prévenir d'éventuels saignements .

- Après avoir retiré la gaze, le point d'entrée dans la crête (côté palatin) a été réalisé et, à l'aide d'une fraise boule (diamètre 2.9mm), le point d'entrée dans le plafond sinusien marqué.

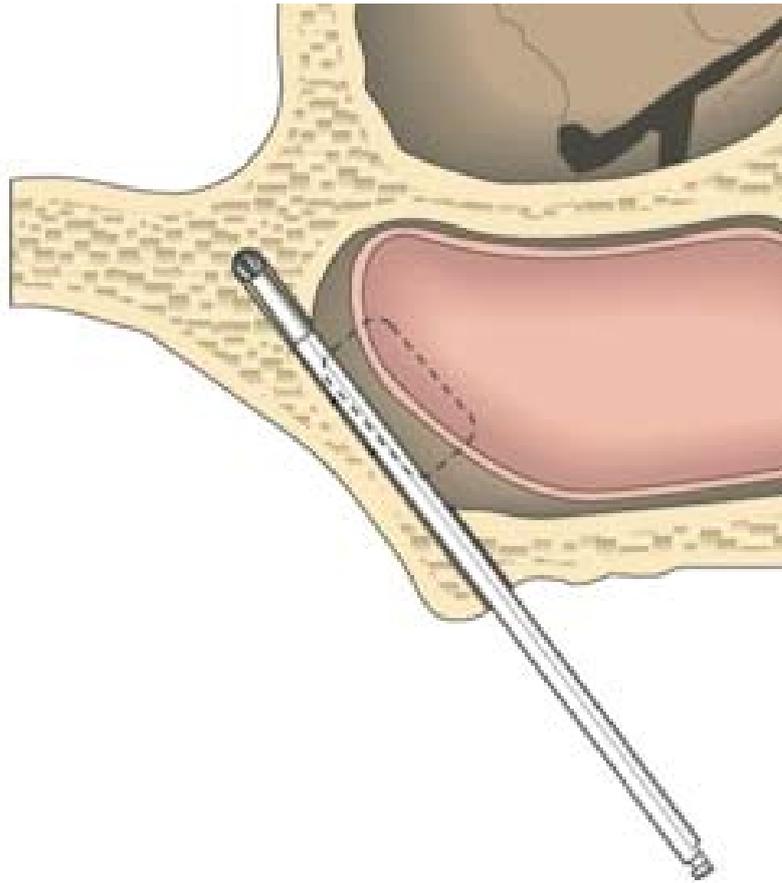


Figure 10 : illustration montrant la réalisation du point d'entrée dans le plafond sinusien (source : Branemark PI et coll, 2004)

- L'intégralité du zygomatic fut ensuite préparé à l'aide d'un foret hélicoïdal de 2.9mm. Le foret était entouré d'un manchon de protection afin de ne pas léser les tissus mous au cours de l'opération. L'écarteur précédemment positionné permettait également de protéger les tissus lors de la sortie du foret à la surface de l'os zygomatic.

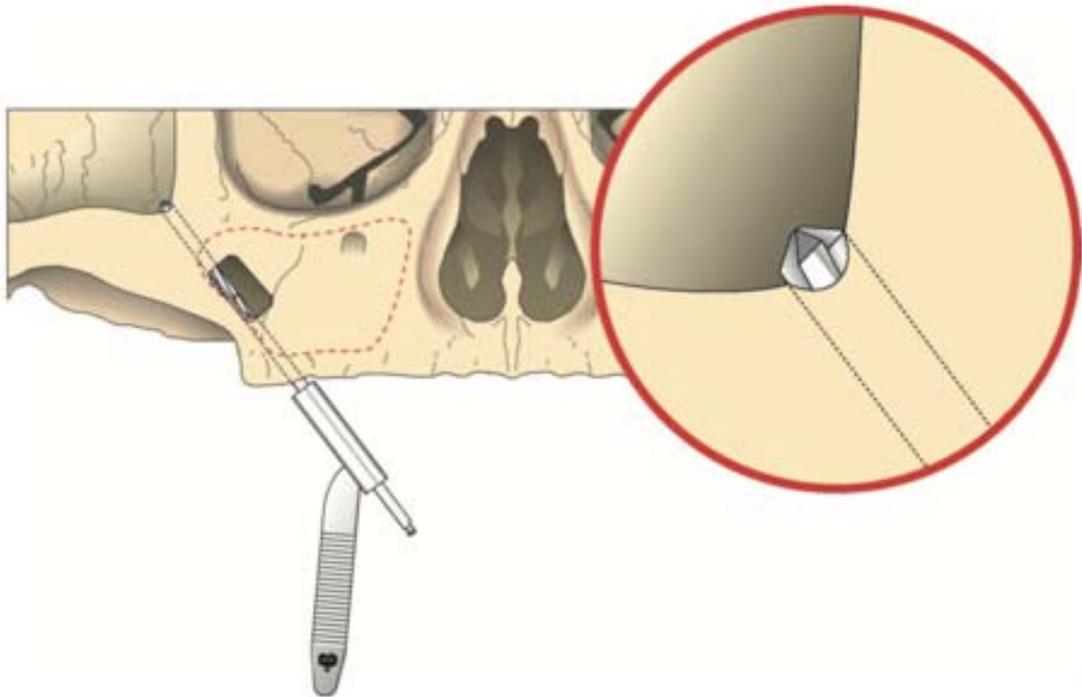


Figure 11 : foret de 2.9mm dans son manchon de protection, le zoom dans l'image réalisé permet de comprendre l'utilité de la prise en charge des tissus mous avec l'écarteur pour éviter une lésion provoquée par pointe du foret (source : Branemark PI et coll, 2004)



Figure 12 : manchon de protection utilisé avec forets (source : Rosenstein J. et coll, 2020)

Ensuite, pour élargir le trajet réalisé sans en dévier, un foret pilote de 3.5mm à pointe non travaillante (pointe : diamètre 2.8mm) a été utilisé, toujours à l'aide du manchon de protection. La préparation du site s'est faite jusqu'à la butée de la pointe non travaillante dans l'écarteur.

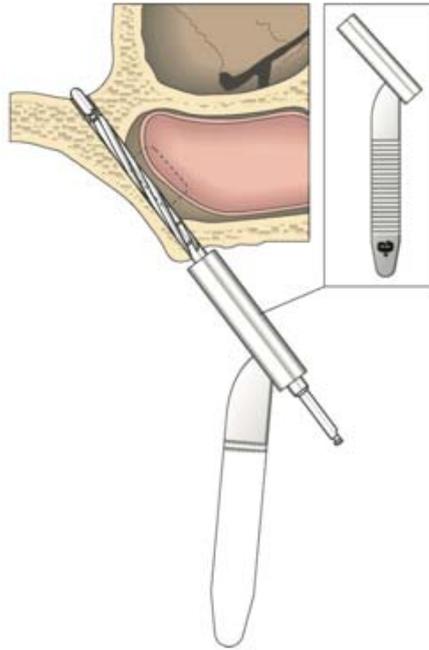


Figure 13 : illustration présentant le passage du foret pilote de 3.5mm réalisé avec le manchon de protection (source : Branemark PI et coll, 2004)

- La préparation du site s'est poursuivie avec le passage d'un foret hélicoïdal de 3.5mm à pointe travaillante.

- Un indicateur de profondeur a ensuite été mis en place dans le forage réalisé pour mesurer la longueur adéquate du futur implant.

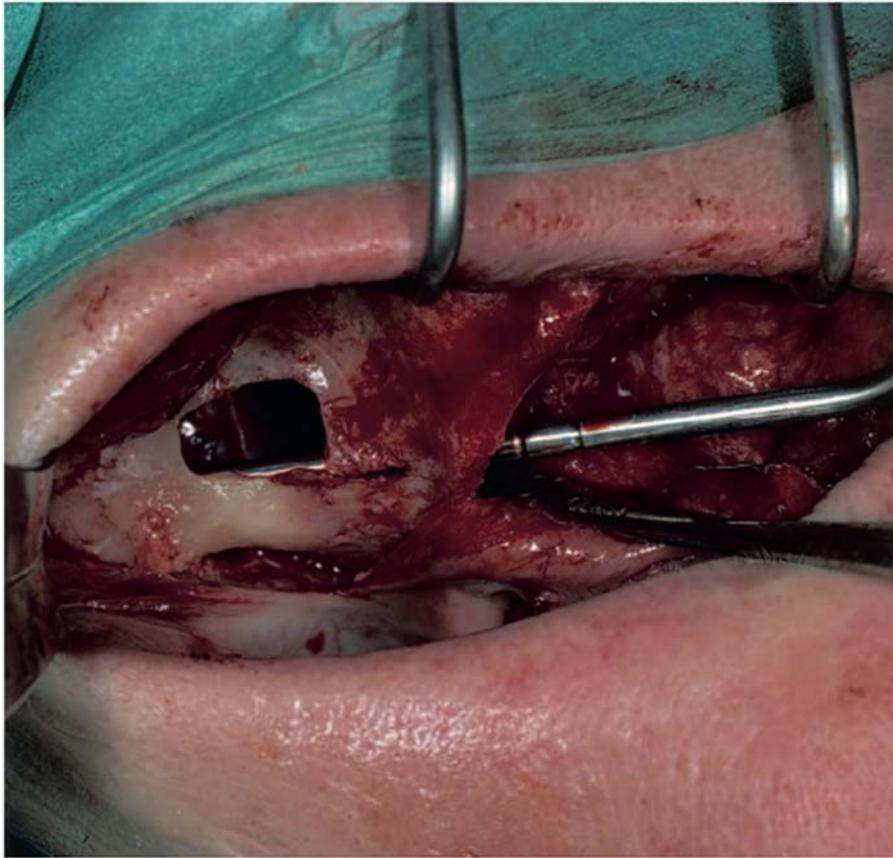


Figure 14 : photographie montrant l'utilisation de la jauge de profondeur pour mesurer longueur du futur implant (source : Branemark PI et coll, 2004)

- Enfin, le dernier foret (diamètre 4mm) a été signalé comme optionnel par l'auteur. De par le risque d'élargir de manière excessive l'entrée au niveau palatin, son passage est réservé aux cas où l'os dans cette zone est suffisamment épais ou dense.

L'ensemble de ces étapes fut réalisé sur irrigation abondante d'une solution saline

Suite à cela, l'implant fut mis en place délicatement grâce à la pièce à main. Une fois l'os zygomatique atteint, la pièce à main fut déconnectée et l'implant inséré jusqu'à sa position finale de manière manuelle.

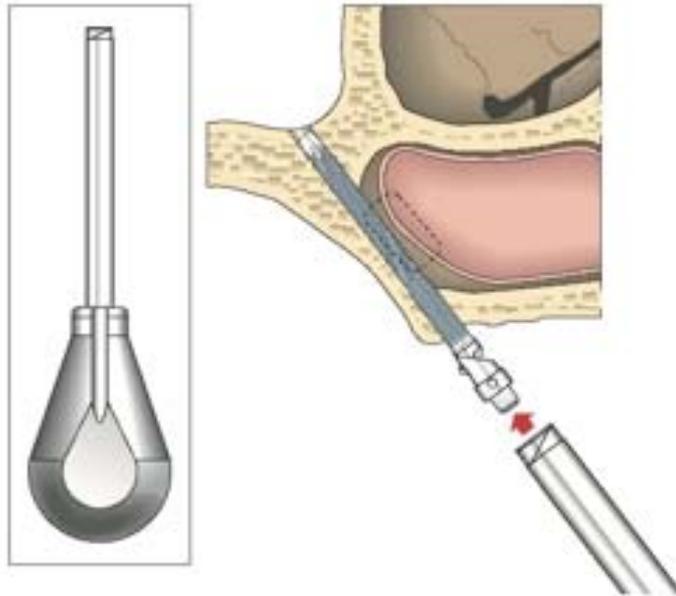


Figure 15 : illustration montrant l'instrument utilisé pour mise en place manuelle de l'implant zygomatique (source : Branemark PI et coll, 2004)

Pour finir, une vis de cicatrisation fut mise en place et l'ensemble du site opératoire minutieusement refermé et suturé.

La suite du protocole concernant les étapes prothétiques, elle ne sera pas détaillée ici.

2.3.2. Approche « sinus slot technique »

Introduite par Stella et Warner en 2000, la « sinus slot technique » était pensée pour pallier aux lacunes de la technique de Branemark, pionnière sur le domaine des implants zygomatiques.

Protocole opératoire : (Stella JP. Et coll, 2000)

- Incision initiale réalisée sur le sommet de crête alvéolaire, elle s'étend d'une tubérosité à l'autre. Elle sera complétée par deux incisions complémentaires qui débiteront en distale de la première et partiront en direction verticale (vers le haut) sur environ 1cm. Ces incisions serviront de décharge pour apporter de la laxité au lambeau.

Pourquoi faire une incision crestale et non pas en fond de vestibule ?

*La réalisation de l'incision en sommet de crête permet une épaisseur correcte de gencive kératinisée de part et d'autre de la futur émergence implantaire en bouche.
(Davo R. et coll, 2019)*

- Suite à cela, le décollement muco-périosté est réalisé de manière moins importante (l'os zygomatique ne sera qu'à moitié découvert, l'objectif cette fois étant de ne découvrir que le sommet de la crête inférieure de l'arcade zygomatique.)
- Après avoir exposé le site opératoire, l'opérateur réalisera deux trous :
 - le premier, correspondant à l'entrée dans l'os zygomatique, sera situé sur l'extrémité supéro-postérieure du sinus, juste en dessous de la naissance de l'arcade zygomatique.

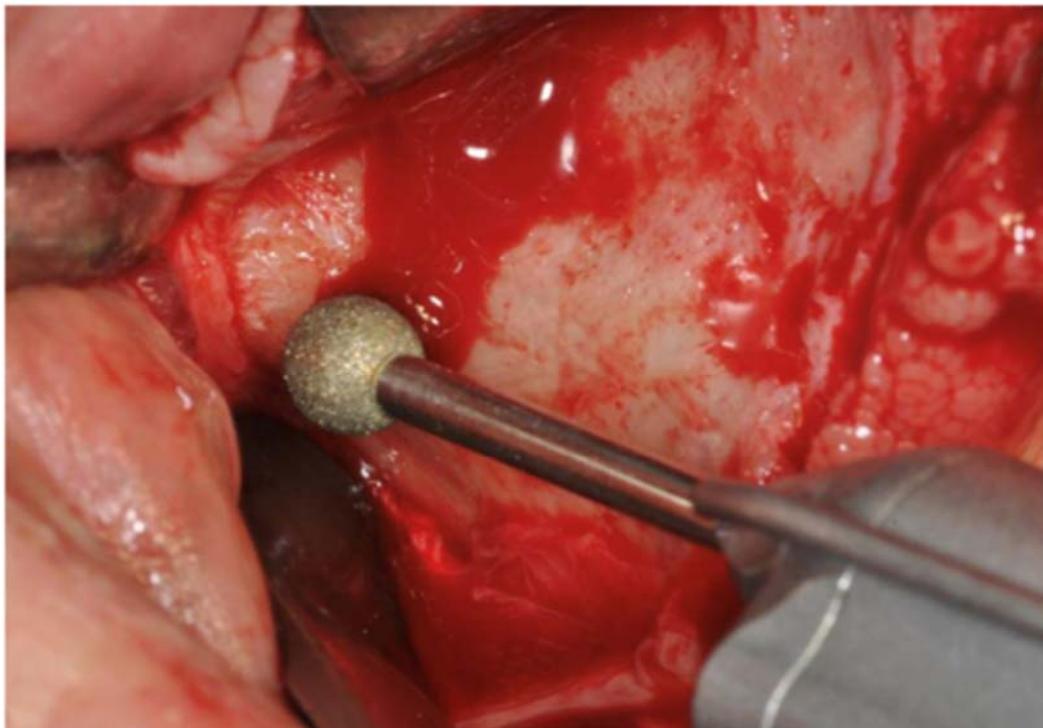


Figure 16 : photographie de la réalisation du point d'entrée au niveau de l'os zygomatique (source : Grecchi F. et coll, 2017)

- le second, quant à lui, sera placé à l'aide d'une jauge de profondeur spécifique aux implants zygomatique. Etant dotée d'un petit crochet à son extrémité, cette dernière sera positionnée au niveau du premier trou et permettra de simuler l'angle d'approche qui sera donné aux forets. Une fois le bon angle trouvé, le second trou sera positionné le long de cette jauge de profondeur, à environ 5mm du sommet de la crête résiduelle.

- Une fois les deux perforations réalisées, elles seront reliées à l'aide d'une fraise spécifique pour ouvrir une fente dans la sinus maxillaire, orientée selon l'axe voulu de l'implant (l'auteur précise qu'à ce stade il n'y aura pas de précautions apportées concernant la membrane sinusienne)

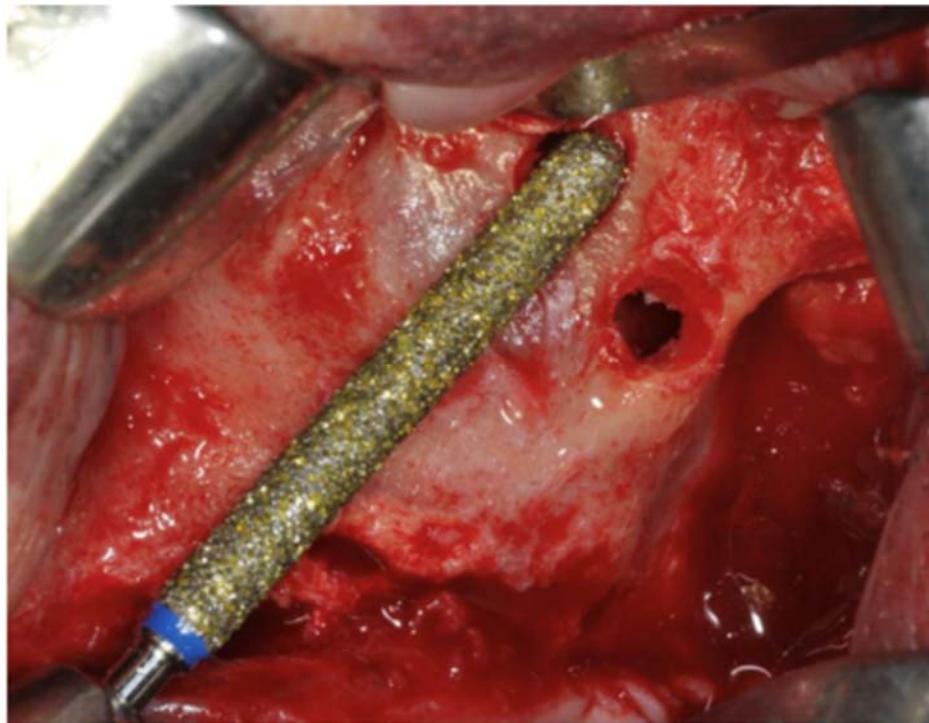


Figure 17 : photographie avant réalisation de la fente dans la paroi sinusienne. La fraise servira à relier les 2 points d'entrées réalisés précédemment (source : Grecchi F. et coll, 2017)

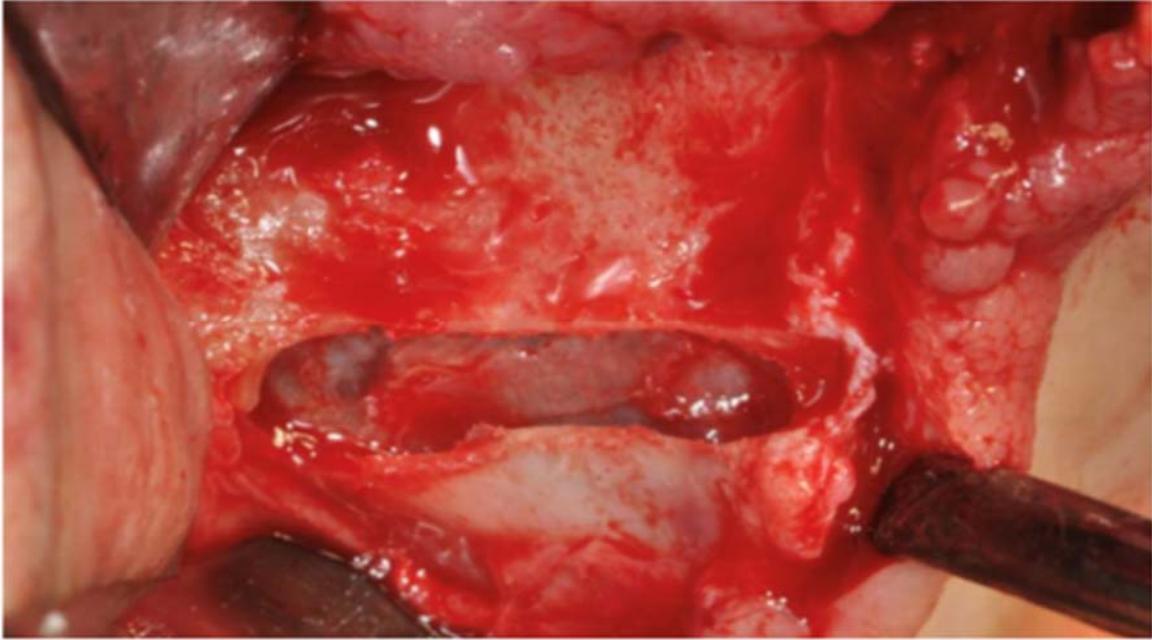


Figure 18 : photographie de la fente sinusienne (source : Grecchi F. et coll, 2017)

- Une fois cela réalisé, à l'aide d'une fraise boule, l'opérateur marquera le point d'impact idéal sur la crête alvéolaire. Ce point d'impact, aligné dans l'axe de la fente sinusienne précédemment réalisée, sera situé en général au niveau de la zone de la première molaire maxillaire.

À ce stade, les auteurs conseillent tout de même de laisser au moins 5mm d'os de la paroi latérale du maxillaire dans la partie inférieure de la fente, même dans les cas de résorption osseuse extrême.

La fente ainsi obtenue permettra au praticien de pouvoir orienter de manière adéquat les forets.

Les étapes suivantes (passage des forets, mise en place de l'implant et fermeture du site opératoire) seront-elles semblables à la technique originale.

- *Quels avantages à la technique par fente ?*

Les auteurs décrivent plusieurs avantages à la « slot technique » comparée à la technique initiale de Branemark :

- Une dissection moins étendue lors de la levée du lambeau, permettant ainsi des suites opératoires moins inconfortables pour le patient et un délai de cicatrisation plus court.
- L'incision réalisée en sommet de crête permet une excellente exposition du site opératoire tout en conservant du tissu kératinisé de par et d'autres des implants.
- La réalisation de la fente via la technique des 2 points reliés permet une reproductibilité de la position implantaire et son angulation.
- L'émergence de la plateforme implantaire est localisée sur la crête (et non en palatin) et plus en distal.
- De par la position plus latérale de l'implant, il y a une meilleure interface os/implant.
- Le fait de ne pas avoir à réaliser une fenêtre dans le sinus puis de décoller la membrane permet une chirurgie plus rapide.
- La fente étant comblée par l'implant à la fin de l'intervention, il n'y a pas de défauts osseux sinusiens post-opératoires
- De par la position crestale de la plateforme implantaire, la prothèse réalisée ensuite sera moins envahissante et gênera moins le patient dans son hygiène buccale et son élocution.

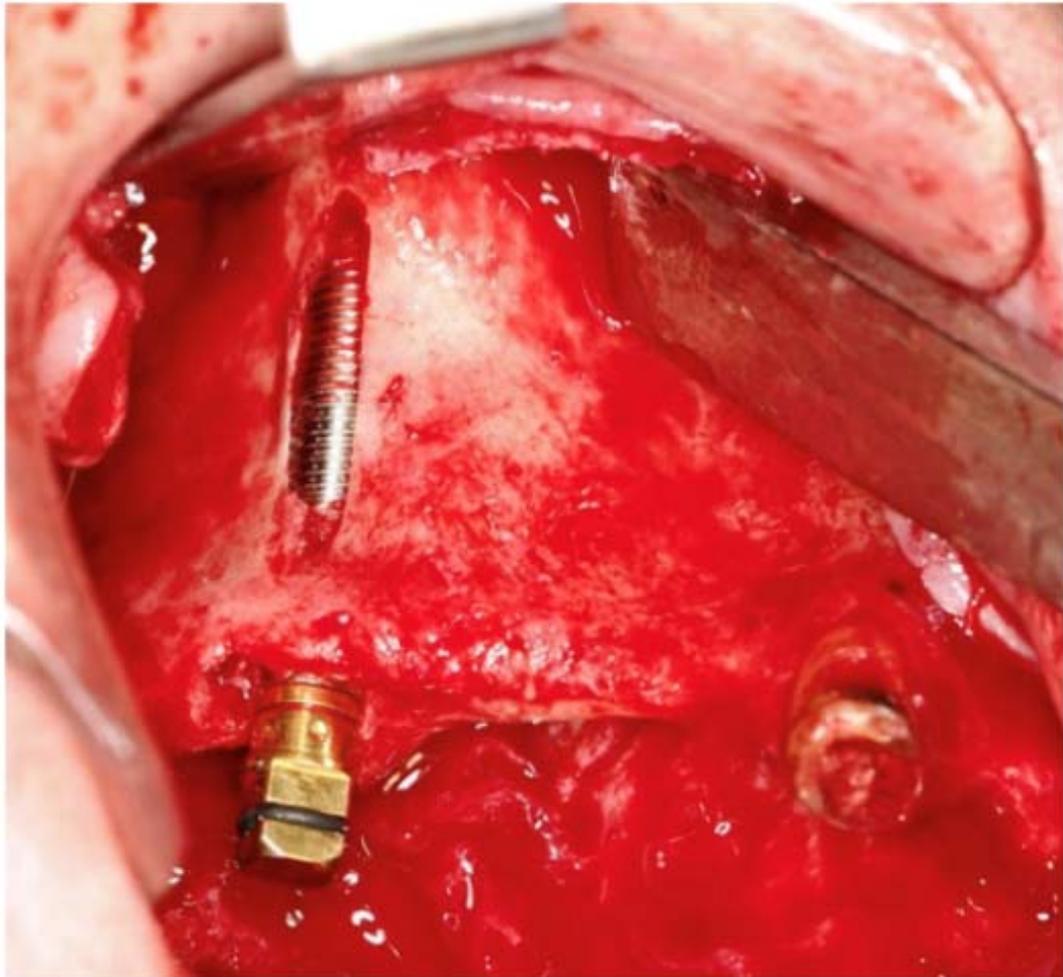


Figure 19 : Implant zygomatique positionné par approche « Slot-technique »

2.3.3. Technique extra-sinusienne

Réalisée pour la première fois dans le cadre d'une étude de 2003 à 2006 (Migliorança RM. et coll, 2011), la technique extra-sinusienne mise au point par Migliorança & coll mise sur l'externalisation totale de l'implant par rapport au sinus. Plus besoin de réaliser une fenêtre dans la paroi sinusienne (comme dans la technique originale de Branemark) ou même une fente (comme dans la technique décrite par Stella et Warner), seule une ostéoplastie du maxillaire sera réalisée afin de permettre le passage de l'implant jusqu'à l'os zygomatique.

Technique :

- Le protocole commence par la perforation de la crête alvéolaire résiduel (de palatin en buccal) à l'aide d'un foret sphérique, cette ostéotomie se poursuit en direction de l'os zygomatique, le long de la paroi latérale du maxillaire, afin d'en faire l'aménagement pour les forets suivants.
- Toujours à l'aide du foret sphérique, l'os zygomatique est traversé de part en part (à l'endroit voulu)
- La sonde de profondeur est utilisée suite à cela afin de déterminer la profondeur de l'implant (la longueur retenue ici sera la longueur mesurée – 2mm)
- Une fois cela fait, la séquence de forets (foret hélicoïdal de 2.9mm, foret pilote de 3.5mm, foret hélicoïdal de 3.5) est passée via les deux ouvertures réalisées précédemment, restant ainsi en dehors du sinus maxillaire.
- La suite du protocole (mise en place de l'implant, fermeture et suture du site opératoire) sera semblable aux protocoles précédents.

Quels avantages pour la technique extra-sinusienne ? (Migliorança RM. et coll, 2011)

- Plus simple que la technique originale et la technique par fente
- Plus besoin de réaliser d'antrostomie du sinus maxillaire (large fenêtre, fente)
- Plus besoin d'élévation du sinus
- Émergence de la plateforme implantaire sur la crête alvéolaire, permettant un meilleur design prothétique (et donc une hygiène plus aisée, une élocution moins altérée)

Mais des inconvénients... (Migliorança RM. et coll, 2011)

L'exposition du corps implantaire peut-être source d'irritation pour les tissus mous sus-jacents, pouvant conduire à leur récession.

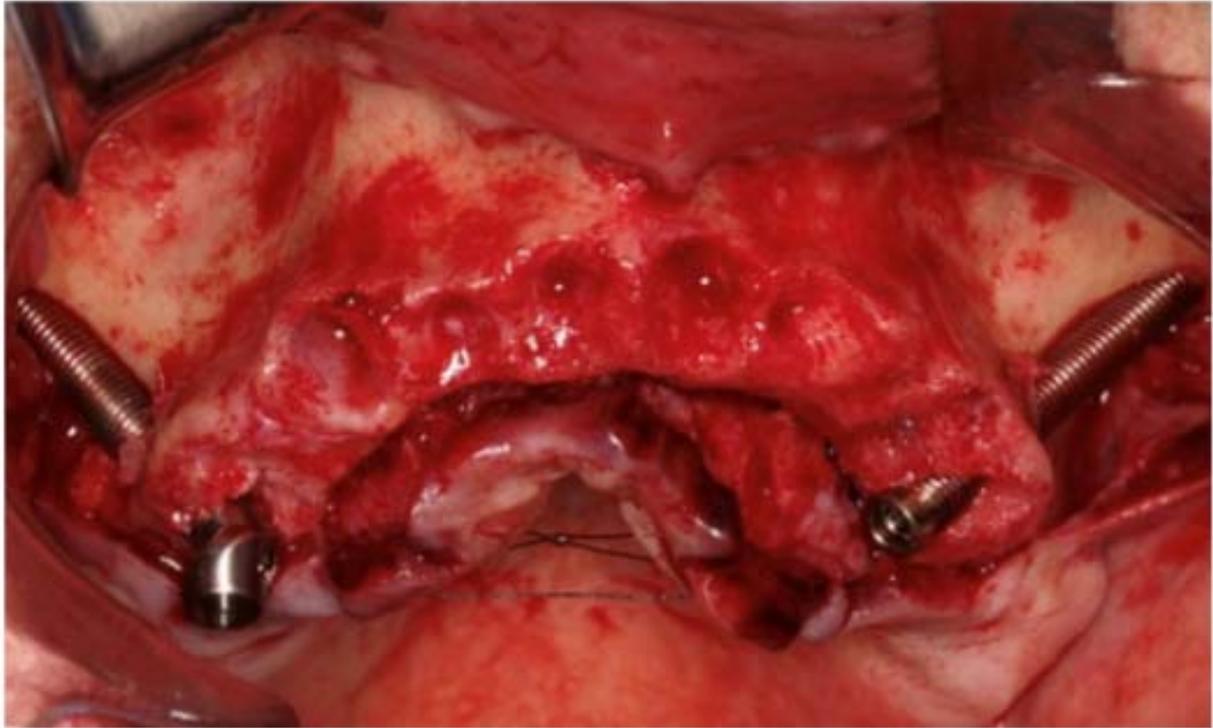


Figure 20 : implants zygomatiques positionnés en situation extra-sinusienne

2.3.4. Technique par approche extra-maxillaire

Mise au point par l'équipe de Malo & coll en 2008 dans le but de simplifier les procédures en évitant de recourir à des greffes osseuses, la technique d'implantation par approche extra-maxillaire a été développée dans un but de simplification.

Cette dernière diffère du protocole extra-sinusien sur un point en particulier : l'aménagement de la crête alvéolaire.

Là où le protocole de Migliorança passait au travers du processus alvéolaire du maxillaire, Malo nous propose un abord purement zygomatique débutant de la même façon que la technique extra-sinusienne.

Au lieu de traverser le processus alvéolaire à l'aide d'une fraise boule pour permettre le passage des forets, il n'y aura cette fois qu'une ostéoplastie du versant vestibulaire afin de permettre l'accès à l'os zygomatique pour les instruments suivants.

Une fois cela réalisé, la mesure de longueur de l'implant ainsi que la séquence de forets sera passée de la même manière

Une attention particulière sera toujours à porter aux éléments nobles tel que le nerf infra-orbitaire. Une marge minimale de 3 mm étant conservée afin d'éviter toute lésion. De la même façon, le manchon de protection sera toujours utilisé afin de ne pas abîmer les tissus mous voisins.

De cette modification résultera un implant situé latéralement par rapport à la crête maxillaire, ancré de manière exclusive dans l'os zygomatique

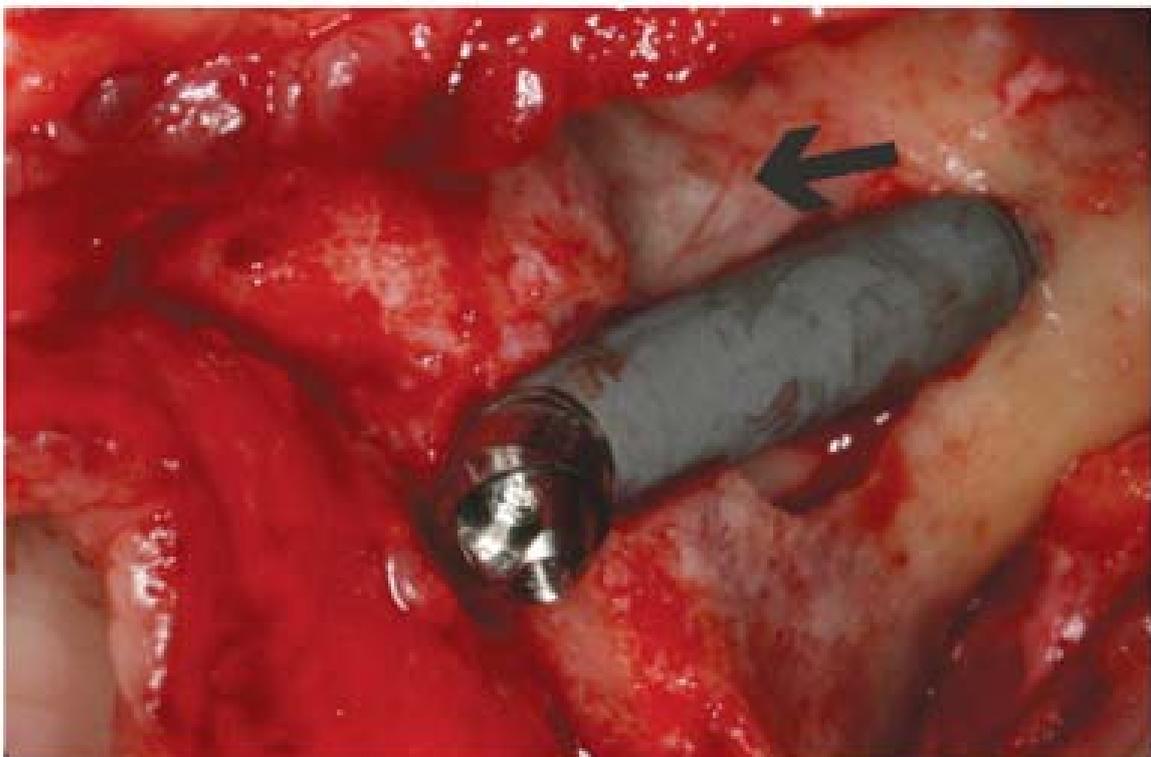


Figure 21 : implant zygomatique positionné par approche extra-maxillaire (source : Malo P. et coll, 2008)

Quels avantages ?

Comparable dans la technique chirurgicale, les protocoles extra-sinusien et extra-maxillaire le seront également dans leurs avantages.

Ainsi, la littérature nous rapporte pour la technique extra-maxillaire : (Chow J. et coll, 2020)

- Une procédure plus simple, plus rapide et moins invasive comparée à la technique originale
- Une meilleure émergence implantaire en bouche permettant un design prothétique plus adapté.
- Une extension en distal plus réduite, améliorant ainsi la résistance mécanique de la prothèse.
- Une manipulation réduite de la membrane sinusienne, limitant les risques de complications post-opératoires à ce niveau.

Des inconvénients malgré tout ?

De par le positionnement extra-osseux de l'implant sur la majeure partie de sa longueur, deux inconvénients au protocole extra-maxillaire seront à garder à l'esprit :

- Le col implantaire n'était pas maintenu par un rempart osseux (crête résiduelle), les contraintes mécaniques occasionnées par les forces occlusales entendront un stress plus important sur les implants en position extra-maxillaire (Freedman M. et coll, 2015)
- L'absence d'os au niveau du col implantaire sera également un facteur de risque pour les récessions de tissus mous en post-opératoire (développé dans le « 3. Complications ») (Aparicio C. et coll, 2020)

2.3.5. Variations entre deux et quatre implants zygomatiques ?

Envisagé dans les années 1990, le concept de All-on-4 avait pour objectif principal de permettre la réhabilitation complète d'une arcade édentée de manière immédiate. Reposant sur 4 implants (2 antérieurs et 2 postérieurs inclinés de 30° à 45°) (Malo P. et coll, 2005 ; Krekmanov L. et coll, 2000), le concept a su s'imposer rapidement comme une technique efficace, même dans les cas complexes (Malo P. et coll, 2012). Rapidement, des protocoles hybrides (avec 2 implants conventionnels antérieurs et 2 implants zygomatiques postérieurs) ou reposant exclusivement sur des implants zygomatiques (avec 2 voir 3 implants zygomatiques de chaque côté) ont été développés afin de pouvoir étendre l'idée du All-on-4 aux cas où la pose d'implants dentaires conventionnels devenait impossible.

(La technique « zygo-mixte » faisant appel à la pose d'implants conventionnels antérieurs associés à des implants zygomatiques postérieurs nécessite la présence d'os résiduel en secteur antérieur, ainsi dans les cas d'atrophie extrême (ex : ZAGA 3 ou 4) seule la technique « Quad-zygo » sera réalisable. (Davo R. et coll, 2019 ; Aparicio C. et coll, 2011)

De plus, certaines études récentes viennent remettre en doute l'efficacité de ces techniques combinant implants courts et implants zygomatiques. Il semblerait que si la mise en place d'un implant antérieur de 10mm n'est pas possible, alors la technique à quatre implants zygomatiques serait plus indiquée. (Davo R. et coll 2019)

Ne constituant pas une technique chirurgicale à part, la pose de quatre implants zygomatiques (également appelée « quad-zygo ») apporte quelques éléments de modifications dont nous feront le rapport ici en nous appuyant sur le rapport de cas de Grecchi et coll. 2017 « A new surgical and technical approach in zygomatic implantology ».

En premier lieu, le lambeau levé afin d'exposer le site receveur sera plus important et s'étendra jusqu'au bord inférieur de l'orbite là où, dans le cas de la pose d'un implant unitaire, cette étendue ne sera pas systématique atteinte (la perception digitale au travers de la peau recouvrant l'os zygomatique pouvant suffire - ce point est discuté selon les auteurs, certains préférant exposer largement l'os zygomatique afin d'avoir une bonne vision du site receveur (Branemark PI. et coll, 2004).)

Pour le positionnement des implants à proprement parler, l'implant antérieur devra être placé au plus proche de la région canine, au point le plus bas de la crête. L'implant postérieur lui sera à positionner dans l'idéal en distal de la seconde prémolaire. (Stievenard M. et coll, 2010)

Comme pour le protocole standard, l'opérateur procédera ensuite aux marquages des points d'entrée dans le zygomatique à l'aide d'une fraise boule, puis la réalisation de la fente dans la paroi latérale du sinus. Selon l'anatomie du patient, une à deux fentes pourront être réalisées.

Puis les forages seront réalisés dans le corps du zygomatique afin de préparer la site receveur de l'implant.

L'auteur précise qu'en général, il est préférable de procéder au positionnement de l'implant antérieur en premier, ce dernier étant plus compliqué et dangereux à mettre en place (Grecchi F. et coll, 2017).

Un deuxième point sera également à garder à l'esprit lors d'une pose double : la distance entre les deux implants, idéalement d'au moins 5 mm (Chow J. et coll, 2020)

2.3.6. Quelle approche chirurgicale privilégier ?

Comme expliqué dans le « 3.1.2 Classification ZAGA », l'anatomie du patient sera un premier critère décisionnel. Plus la concavité maxillo-zygomatique sera prononcée, plus la technique extra-sinusienne sera indiquée, et inversement (Aparicio C. et coll, 2011)

Dans « Zygomatic implants : a critical review of the surgical techniques », Chrcanovic BR. et coll, toujours en insistant sur l'importance de l'anatomie du patient dans le choix de la technique, considèrent néanmoins que la technique extra-sinusienne est à considérer comme le meilleur choix. (Chrcanovic, BR. et coll, 2013)

Les critères évoqués dans ce choix sont les suivants :

- moins d'étapes dans le protocole chirurgical
- technique moins invasive
- temps chirurgical plus court

Une interrogation subsiste cependant sur la technique extra-maxillaire qui, n'étant pas citée dans cet article, pourrait être envisagée comme un choix tout aussi pertinent que la technique extra-sinusienne.

Un dernier point en faveur de la technique extra-sinusienne nous est rapporté par Aparicio C. et coll : l'émergence implantaire. Cette dernière étant plus latéralisée, la réalisation de la prothèse s'en retrouvera facilitée. (Aparicio C. et coll, 2014)

2.4. Techniques en développement

2.4.1. Les guides chirurgicaux

Généralement envisagée sans utiliser de guides chirurgicaux, la pose d'implants zygomatiques présente de nombreux risques de complications per- et post-opératoires.

Afin de pouvoir limiter ces risques, des études ont tout d'abord été menées afin d'évaluer si, oui ou non, la précision des techniques d'acquisition en trois dimensions (et leur exploitation) était suffisante pour envisager le recours aux guides chirurgicaux dans la pose des implants zygomatiques.

Le principe de réalisation de ces guides chirurgicaux est le suivant :

- un examen trois dimensions (type CBCT) est réalisé et les données sont transférées dans un logiciel de planification permettant au chirurgien de simuler la position des futurs implants dans la position idéale.
- À partir de ces données, un logiciel de CFAO va produire le guide qui se présentera sous la forme d'une base en résine dans laquelle sont implantés des cylindres en acier inoxydable qui serviront à guider les forets.

Ce guide chirurgical sera placé en bouche et fixé à l'aide de vis d'ostéosynthèse.

Tel que décrit dans le protocole de Chrcanovic (article 22), aucune levée de lambeaux n'est réalisée, le guide permet une technique dite « flap-less », permettant une chirurgie minimalement invasive.

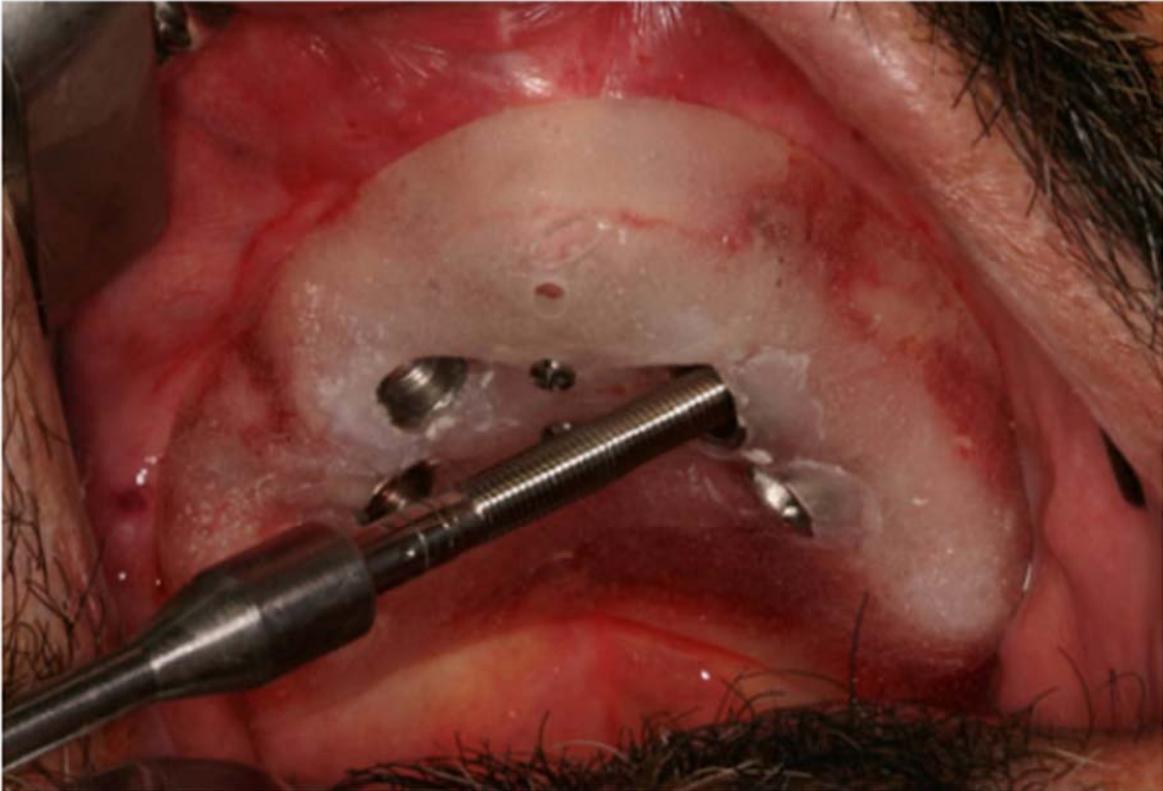


Figure 22 : utilisation d'un guide chirurgicale dans le cadre de la pose d'un « quad-zygo ». On peut distinguer en position médiane les vis permettant la fixation du guide. (source : Chrcanovic RM. et coll, 2010)

Dès 2003, Steenberghe & coll publièrent une étude comparative au cours de laquelle ils s'intéressèrent aux écarts entre le positionnement de l'implant idéal planifié sur ordinateur et le positionnement réel (un scanner en 3D était réalisé en post-op afin de pouvoir comparer). Réalisée sur 6 cadavres, les conclusions sont les suivantes :

- pour 4 des 6 cas : angle entre position planifiée et position réelle était inférieur à 3°
- 1 cas : angle de 3,1°, équivalent à un décalage de 1,1 mm du point d'entrée (au niveau de maxillaire) et de 2,7 mm du point de sortie (au niveau du zygomatique).
- 1 cas : angle de 6,9°, qui se traduit par un décalage de 6mm du point d'entrée et de 7,9mm au niveau du point de sortie.

La conclusion de cette étude fut que l'utilisation des guides chirurgicaux dans le cadre de la pose d'implants zygomatiques devrait être encouragée afin de limiter les risques de lésions de structures voisines.

2.4.2. Chirurgie implantaire guidée par ordinateur

Développée afin de réduire la durée et faciliter la réalisation des interventions, la chirurgie guidée a permis de réduire les temps opératoires et les risques dans de nombreux domaines chirurgicaux (neurochirurgie, chirurgie orthopédique, chirurgie maxillo-faciale). Cependant, elle souffre encore aujourd'hui d'une certaine imprécision pouvant entraîner un décalage entre le projet planifié sur ordinateur et ce qui sera réalisé en bouche ce qui, avec des implants pouvant mesurer 50 mm de long, peut entraîner à terme une erreur de positionnement.

Afin d'évaluer l'intérêt de cette technique dans la pose d'implants zygomatiques, cette partie prendra appuie sur l'article rédigé en 2018 par Wang et coll dans le journal de chirurgie Orale et Maxillo-faciale « The Application of real time surgical navigation for zygomatic implant insertion in severely atrophic maxilla patients ».

Comme décrit précédemment par l'auteur, la réalisation de cette technique chirurgicale nécessite la mise en place de marqueurs (en l'occurrence des vis en titane) qui permettront à l'opérateur de calibrer le système avant de réaliser le forage.

Afin d'apporter la plus grande précision au système, le placement de ces marqueurs devra répondre à quelques règles :

- il doit y avoir un minimum de 6 vis
- Ces dernières doivent être placées à des localisations non-critiques tels que : la tubérosité maxillaire, la suture palatine médiane, épine nasale antérieure. De manière générale, tout site permettant un bon ancrage osseux et n'interférant pas avec la mise en place de l'implant zygomatique pourra être exploité.
- Les marqueurs devront être placés de façon à former le polygone le plus large possible afin d'avoir un large champ avec la meilleure précision.

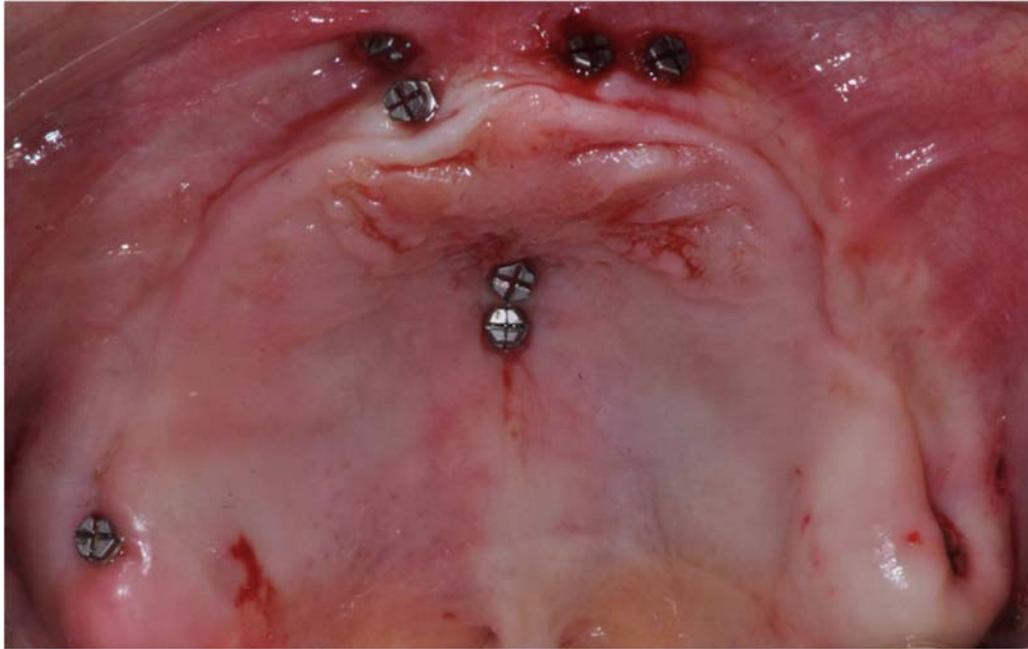


Figure 23 : exemple de disposition des mini-vis servant de marqueurs pour la chirurgie guidée (source : Wang, Cl. et coll, 2018)

Une fois les mini-vis correctement placées, une seconde acquisition en trois dimensions sera réalisée, sera importée dans le logiciel de planification et superposée au premier cliché 3D réalisé afin de permettre au logiciel d'enregistrer la position des forages

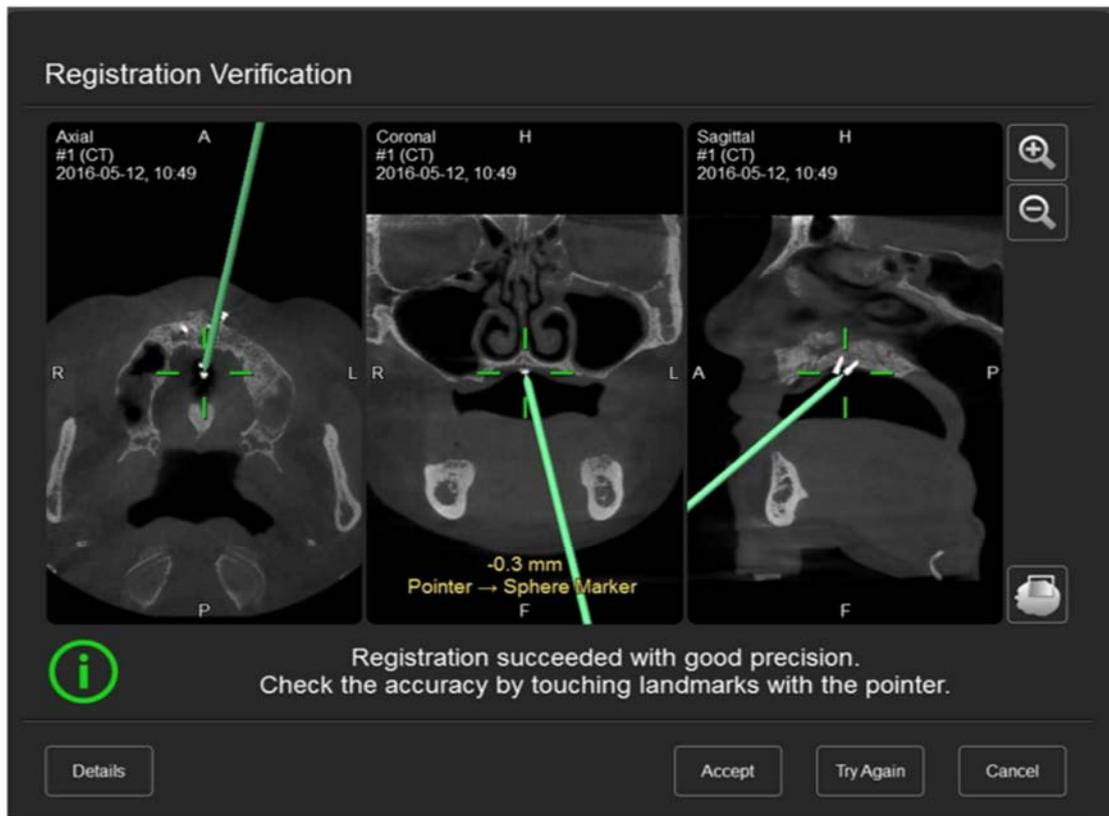


Figure 24 : CBCT montrant les mini-vis qui serviront de marqueurs pour la chirurgie guidée (source : Wang, Cl. et coll, 2018)

Une fois toute l'étude préopératoire réalisée, l'intervention pourra débuter par l'installation du patient dans une position de référence, fixée afin de permettre la reproductibilité des mesures.



Figure 25 : instrument permettant de maintenir la tête dans une position fixe pour la durée de l'intervention (source : Wang, Cl. et coll, 2018)

En parallèle de cela, la pièce à main sera équipée d'un système permettant la localisation en temps réelle de la trajectoire de forage.

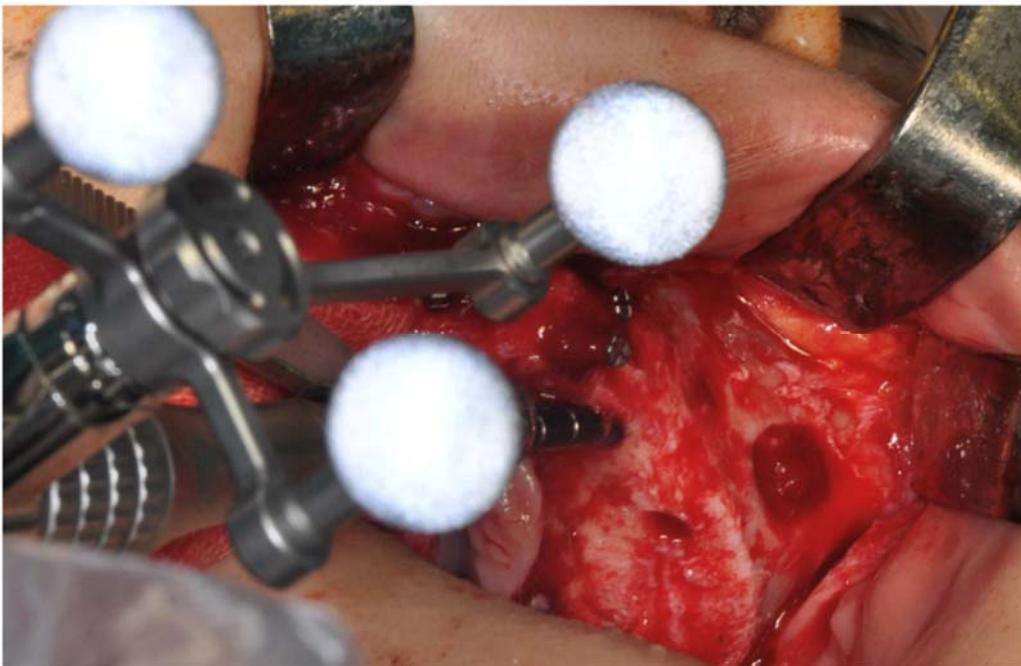


Figure 26 : Pièce à main équipée du système de visualisation spatiale (source : Wang, Cl. et coll, 2018)

En plus de la trajectoire, le système décrit par l'auteur (VectorVision 2, BrainLAB AG, Germany) indiquera à l'opérateur la distance restant à forer, évitant ainsi une éventuelle lésion des tissus mous sus-jacents au point de sortie.

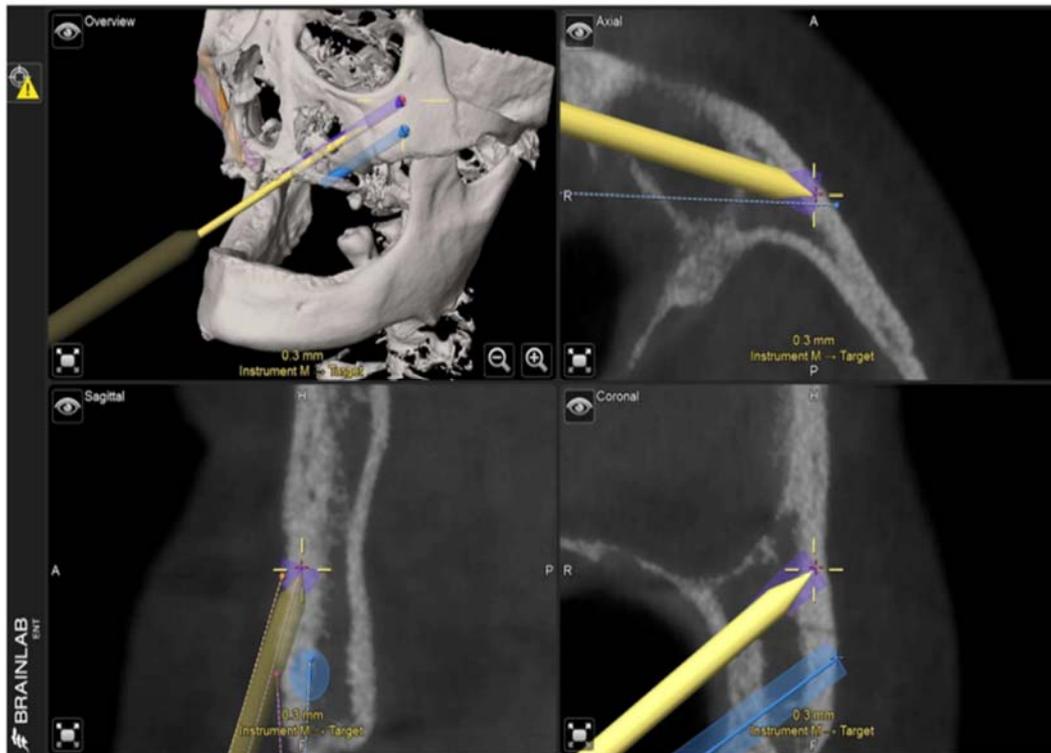


Figure 27 : Capture d'écran du système VectorVision 2 lors d'une intervention. Le système indique à l'opérateur l'axe et la profondeur de l'instrument en temps réel. (source : Wang, Cl. et coll, 2018)

À noter qu'à chaque changement de foret, l'opérateur devra veiller à recalibrer la pièce à main (cette calibration est réalisée à l'aide d'une sonde de positionnement qui sera mise en contact avec les marqueurs posés)

Une fois l'intervention réalisée, les recommandations et suites post-opératoires seront communes aux techniques conventionnelles décrites précédemment.

La chirurgie guidée, un réel avantage pour la pose d'implants zygomatiques ?

Comme toute technique chirurgicale, la chirurgie guidée présente des avantages mais aussi des inconvénients, des limites, que l'auteur aborde en deuxième partie en commençant par le placement des marqueurs et les conséquences que cela peut avoir sur la qualité de l'acquisition 3D.

En effet, l'auteur souligne que la façon dont sont repartis ces marqueurs peut être une source majeure d'erreur lors de l'enregistrement (l'idéal étant, comme cité précédemment, de placer ces points de repère de manière à former le polygone le plus large possible mais également en les plaçant afin que le centre virtuel de ce polygone soit au plus proche de la cible voulue).

Dans le cas des implants zygomatiques (où l'entrée est située au niveau de la crête alvéolaire et la sortie au niveau de la surface externe de l'os zygomatique), la répartition idéale des marqueurs concernerait l'arcade maxillaire d'une part et la périphérie de la zone orbitaire d'autre part afin d'obtenir la meilleure couverture (et donc la meilleure précision).

Une alternative à cette méthode consiste en la réalisation d'une gouttière occlusale porteuse des marqueurs nécessaires, technique intéressante de par sa facilité de réalisation et son caractère non-invasif. (Gellrich NC. et coll, 2002)



Figure 28 : exemple de de gouttière occlusale servant à la calibration d'un système de chirurgie guidée par ordinateur (source : Gellrich, NC. et coll, 2002)

L'auteur nuance toutefois l'utilisation de ce procédé par l'instabilité potentielle de la gouttière dans le cadre d'un patient édenté total avec atrophie sévère du maxillaire, instabilité qui serait source d'erreur.

Enfin, malgré le fait que plusieurs systèmes de navigation guidée par ordinateur aient été présentés dans la littérature, les articles faisant état de l'utilisation de ces systèmes dans le cadre de la pose d'implants zygomatiques sont peu nombreux. Selon l'auteur de l'article, d'autres études seront nécessaires afin de déterminer plus précisément les bénéfices apportés (tel que la réduction du temps opératoire et l'amélioration de la précision).

Les quelques articles s'intéressant à ce sujet sont néanmoins favorables à l'utilisation de ces procédés qui permettent, selon certains auteurs, de réaliser la pose de ces implants dans des conditions plus sûres, malgré un terrain anatomique complexe. (Pelligrino G. et coll, 2015)

En conclusion, l'auteur souligne que dans les quelques cas traités par l'étude la chirurgie guidée permettait de réduire les risques potentiels de complications et permettait d'exploiter au mieux le volume osseux disponible mais que ces avantages étaient fortement dépendants de la reproductibilité de la position du sujet entre l'acquisition préopératoire et celle pendant la chirurgie.

2.4.3. Chirurgie assistée par endoscopie

Décrit pour la première fois par Gonzalez-Garcia & coll en 2016 dans un rapport de cas, l'utilisation des endoscopes dans les chirurgies maxillo-faciales n'est pas chose nouvelle, mais était jusqu'à présent non utilisée dans la pose d'implants zygomatiques.

L'auteur nous présente ici la pose d'implants zygomatiques chez une patiente de 56 ans ne pouvant recevoir d'implants par technique conventionnelle sans avoir recours à une greffe osseuse, greffe refusée par la patiente.

Commençant de la même façon qu'une pose d'implant zygomatique avec la technique originale décrite par Branemark, l'abord endoscopique nécessite lui aussi la réalisation d'une antrostomie dans la paroi latérale du sinus.

Une fois cette ouverture réalisée, le praticien pourra introduire un endoscope (ici un modèle rigide de 4mm - 30° est utilisé) par le point le plus antérieur de l'antrostomie puis, délicatement, l'avancera jusqu'à la paroi supérieure du sinus maxillaire. (L'auteur précise que la perforation de la membrane de Schneider ne constitue pas un problème pour la poursuite de la chirurgie)

Afin de pouvoir améliorer la vision intra-sinusienne, une irrigation au sérum Ringer est possible afin d'éliminer les éventuels débris formés de l'antrostomie.

Une fois la paroi supérieure du sinus identifiée avec l'endoscope, ce dernier sera orienté en direction médiale.

Cette orientation permettra à l'opérateur de localiser en supéro-latéral une concavité étroite correspondant au point le plus élevé de la zone latérale du sinus.

Une fois cela réalisé, l'aide opérateur maintient l'endoscope afin que l'opérateur puisse passer le premier instrument (une fraise boule dans ce cas) au travers de la crête alvéolaire (côté palatin).

À ce stade l'instrument, visible par l'antrostomie, progresse en direction du processus zygomatique et la pénétration dans le corps du zygomatique sera contrôlée en vision direction grâce à l'endoscope.

L'auteur souligne que le point de pénétration dans le zygomatique (d'un point de vue endoscopique) sera le point le plus haut et le plus latéral de la concavité précédemment citée.

Une fois le point d'impact marqué, vient le passage d'un foret de 2.9 mm dont l'axe projeté est orienté vers le point le plus latéral de l'os zygomatique. Orienté ainsi, le point de sorti projeté de l'implant sera inférieur et latéral à l'orbite, sur la face antérieure de l'os zygomatique.

Un fois que le foret pilote aura marqué le point de sorti, l'endoscope pourra être retiré de la cavité sinusienne et pourra être placé latéralement par rapport à l'os zygomatique (extérieurement à celui-ci) afin de pouvoir avoir une vision directe du point de sorti et contrôler son bon positionnement. (L'auteur souligne que la rétraction des tissus mous avec l'écarteur de Langenbeck peut suffire à avoir l'espace nécessaire pour une vision directe).

Une fois le point de sortie contrôlé, l'endoscope pourra être replacé en intra-sinusien afin de contrôler l'entrée des forets suivant dans le trou précédemment réalisé, foret de 3.5mm dans ce cas-ci.

Avant de procéder au positionnement de l'implant, l'opérateur contrôlera la bonne profondeur du forage à l'aide d'une jauge de profondeur. Une fois cette dernière validée, l'insertion de l'implant se fera sous contrôle endoscopique : l'opérateur s'assurera de la bonne entrée de l'implant dans l'os zygomatique, l'insertion se fera sous contrôle manuelle jusqu'à ce que l'apex de l'implant atteigne la corticale externe de l'os zygomatique.

Le bon positionnement apical de l'implant pourra également être fait sous contrôle endoscopique en plaçant ce dernier latéralement à l'os zygomatique.



Figure 29 : vue de l'émergence de l'implant à la surface de l'implant zygomatique obtenue par endoscope (source : González-García R. et coll, 2016)

La suite de la procédure chirurgicale consistera en la fermeture du site opératoire, commune aux différentes méthodes (rabattement des différentes lambeaux, suture)

Des intérêts de l'utilisation d'endoscopie dans la pose d'implants zygomatiques ?

D'un point de vue biomécanique, la bonne transmission des forces occlusales sera permise par la bonne mise en place des implants, par conséquent la visualisation directe du site d'implantation permettra au praticien de se placer idéalement.

En termes de complication, même si elle n'est pas la plus fréquente, la pénétration de l'orbite au cours de l'intervention est la plus importante.

Grâce à l'aide de la vision directe par endoscope, le plancher orbitaire pourra être clairement identifié, évitant ainsi de potentielles effractions de la cavité orbitaire au cours du forage.

D'éventuels saignements peropératoire pourront également être repérés et donc, être pris en charge et corrigés.

L'auteur souligne aussi l'intérêt pour le contrôle du sinus maxillaire une fois les implants correctement mis en place. L'inspection en particulier du méat moyen et sa bonne perméabilité sera utile dans la prévention d'une sinusite maxillaire post-opératoire, en cas de non/mauvaise communication entre les deux cavités (sinusienne et nasale), une méatotomie sera réalisable directement.

Concernant la mise en place de l'implant à proprement parler : en voyant directement la surface de l'os zygomatique, l'opérateur pourra placer l'apex de l'implant de manière à ce que ce dernier ne dépasse pas la surface de l'os zygomatique, réduisant ainsi le risque d'inflammation des tissus mous.

Enfin, l'auteur conclue que l'endoscope permet, en étant au plus proche du site opératoire, de pouvoir enregistrer la procédure.

Ainsi, l'utilisation de l'endoscope devrait-elle être systématique ?

L'auteur nuance l'intérêt de cette technique par le choix de l'approche chirurgicale.

Dans le cadre d'un abord extra-sinusien (pour un maxillaire dont la concavité sera prononcée), l'abord endoscopique ne sera pas utile.

A l'inverse, dans le cas d'un abord intra-sinusien (technique de Branemark), l'endoscope pourra être mis en place dans l'antrostomie initiale.

Pour l'abord par fente (sinus-slot technique), de par la position plus verticale de l'implant, il sera nécessaire de réaliser une ouverture supplémentaire à la fente dans le sinus, ouverture plus petite (5 mm) et plus antérieure.

2.4.4. Piezochirurgie

Présentée pour la première fois par Mozzati et col. En 2015, l'utilisation des instruments ultrasonores dans le cadre de la pose d'implants zygomatiques présente, selon l'auteur, des avantages comparés aux instruments rotatifs habituels.

Le protocole chirurgical étant le même, la différence portera essentiellement sur le matériel utilisé. En lieu et place de l'habituelle fraise boule montée sur pièce à main chirurgicale, il est décrit dans cet article l'utilisation d'une pièce à main ultrasonore (SURGISONIC MOTO System, fréquence fonctionnelle de 22 000Hz à 35 000Hz) sur laquelle seront montés :

- Un insert Scalpel-Tip ES007 T-BLACK SURGISONIC MOTO (Esacrom) afin de réaliser l'antronomie sinusienne
- ZYGOMA-KIT (Esacrom) afin de réaliser la préparation du site implantaire ; kit composé d'un insert pilote puis 2 inserts d'élargissements (un 2.9 mm et un 3.5 mm)

Tip	ES007 T-BLACK	ES052XZ	ES2,9Z	ES3,5Z
				
FUNCTION	Sinus access creation	First implant site osteotomy Correct Implant axe definition	Enlargement of the groove Enlargement of preparation	Enlargement of the groove Enlargement of preparation
		Conical shape 1,5mm-2,6mm	2,9mm	3,5mm

Figure 30 : séquence instrumentale ZYGOMA-KIT (Esacrom) pour piezochirurgie (source : Mozzati, M. et coll, 2015)

Les premiers avantages décrits par l'auteur sont la protection des tissus mous et la précision de coupe : les inserts à ultrasons ne travaillant pas sur les tissus mous, les risques de léser des éléments vasculaires, nerveux ainsi que la membrane sinusienne sont diminués. Protection accentuée par la finesse de coupe des inserts d'environ 1 mm.

De même, le non-travail des tissus mous n'implique plus l'utilisation de manchons de protection, améliorant ainsi la visibilité du site implantaire.

Ce qui constitue le dernier avantage décrit par l'auteur : une bonne visibilité (permise par moins d'instruments) permet d'éviter des complications.

2.4.5. Robots chirurgicaux et implants zygomatiques : une voie vers l'automatisation

De nos jours, la planification chirurgicale préopératoire et la chirurgie guidée permettent de réduire de manière significative les risques liés aux interventions chirurgicales. Cependant, même si les études montrent une efficacité croissante de ces systèmes, leur usage nécessite un apprentissage de chaque système de la part du praticien, et l'ensemble reste conditionné par l'expérience du dernier.

Partant de ce problème, des techniques ont été développées afin de faciliter d'avantage la chirurgie : les robots chirurgicaux.

Les progrès réalisés dans le domaine permettent aujourd'hui d'envisager des systèmes qui vont aider le praticien à guider l'instrument (la main humaine étant naturellement sujette à des tremblements et une certaine instabilité) jusqu'à des systèmes entièrement autonomes capables de poser des implants sans intervention humaine.

Cette partie s'appuiera sur l'étude menée par Zhenggang C. et coll (2019) visant à évaluer l'utilité de ces outils dans la pose d'implants zygomatiques.

L'étude fut menée non pas avec un système déjà commercialisé (comme par exemple le robot Yomi, développé par Neocis Inc.) mais avec un système développé par l'équipe en charge de l'étude.

L'ensemble était composé d'un logiciel de planification et de navigation chirurgicale, d'un système de contrôle robotique, d'un bras robotique à 6 degrés de liberté équipé d'une pièce à main chirurgicale et d'une caméra trois dimensions pour le suivi de la position.

Après réalisation d'un CBCT, une planification chirurgicale a été réalisée. Les données furent ensuite envoyées au logiciel du bras robotique.

À l'aide d'un système de suivi en trois dimensions, le bras était alors capable de se positionner automatiquement par rapport au modèle et réaliser les forages pour les implants de manière automatique.

Même s'il s'agit d'un résumé très bref du système décrit par Zhenggang C. et coll. L'idée à retenir est qu'excepté la planification réalisée par un opérateur, la suite de l'intervention fut réalisée de manière automatique par le système.

Afin de pouvoir comparer la précision du système, trois modèles furent réalisés de cette manière, le quatrième modèle fut réalisé par un opérateur humain.

The deviations of angle, entry point and exit point.

		Minimum	Maximum	Mean	SD
Robotic	Angle deviation (°)	0.75	2.19	1.52	0.58
	Entry deviation (mm)	0.53	1.08	0.79	0.19
	Exit deviation (mm)	0.75	2.5	1.49	0.48
Manual	Angle deviation (°)	1.65	2.48	2.07	0.30
	Entry deviation (mm)	0.63	1.25	0.96	0.28
	Exit deviation (mm)	1.83	2.7	2.26	0.32

Figure 31 : résultats de l'étude comparant la précision entre humain et robot pour la pose d'implants zygomatiques sur modèles en plastiques (source : Zhenggang C. et coll, 2019)

Comme le montre les résultats, même si les différences sont minimes, la précision du bras robotique est systématiquement meilleure que celle d'un opérateur humain.

Ainsi, même s'il ne s'agit que d'une étude pilote réalisée sur des modèles de travail, elle démontre la possibilité de l'utilisation de robots chirurgicaux autonomes dans la mise en place d'implants zygomatiques. (source : Zhenggang C. et coll, 2019)

3. Complications

Comme toute procédure chirurgicale, la pose d'implants zygomatiques est associée à des risques de complications. La plupart d'entre elles ne sont pas différentes de celles rencontrées lors de la pose d'implants dentaires endo-osseux conventionnels. (Rosenstein J. et coll, 2020)

Au cours de cette partie, nous nous intéresserons aux différentes complications ainsi qu'aux moyens de les éviter et/ou les corriger.

3.1. La sinusite

3.1.1. Généralités

Décrite comme étant la principale complication des implants zygomatiques (Molinero-Mourelle P. et coll 2016, Tran AQ. et coll. 2019), la sinusite maxillaire consécutive à la pose d'implants zygomatiques ne fait à ce jour pas consensus, certains auteurs contredisant le lien de causalité entre les implants et la sinusite. (D'Agostino - *Are Zygomatic implants associated with maxillary sinusitis*).

Pouvant survenir de manière symptomatique ou asymptomatique, les études relèvent une fréquence de survenue assez variable, allant de 0 % à 26 % selon les auteurs. (Olarte. et coll, 2015)

Afin de limiter la survenue de la sinusite maxillaire des techniques opératoires alternative à la technique initiale de Branemark ont été développées, ces dernières reposant majoritairement sur la préservation de l'intégrité sinusienne afin de ne pas léser la membrane de Schneider.

Certaines études viennent toutefois nuancer l'intérêt de ces techniques en concluant que la perforation de la membrane ne semble pas être corrélée à la survenue de sinusites post-opératoires.

En complément de ces protocoles alternatifs, des auteurs (Olarde & coll 2015 / Branemark & coll 2004) ont étudié l'utilité de compléter la pose d'implants zygomatiques par des méatotomies inférieures afin de faciliter le drainage du sinus, limitant donc le risque d'infections. Concept également développé dans l'étude D'Agostino & coll en 2019, mais dans le cadre d'une méatotomie moyenne.

La conclusion de ces articles est que la réalisation d'une méatotomie lors d'une pose d'implants zygomatiques jouerait un rôle significatif dans la prévention de la survenue de pathologies sinusiennes. Le manque d'études plus larges sur le sujet est cependant cité comme étant un frein à l'objectivation de la méthode. (D'Agostino A. et coll, 2019)

Pour résumer, l'apparition de sinusite ne semble pas indiquer la dépose des implants zygomatiques. La mise en place d'une antibiothérapie, suivie d'une intervention chirurgicale en cas d'échec (drainage sinusien accompagné d'une méatotomie) est décrit comme étant la prise en charge adéquate. (Davo R. et coll, 2019)

3.1.2. Discussion

Pouvant se manifester plusieurs années après l'intervention, la relation entre implant zygomatique et sinusite maxillaire n'est, à ce jour, toujours pas clairement établie. (D'Agostino A. et coll, 2016)

Différents arguments retrouvés dans la littérature mettent ainsi le doute sur ce lien de causalité :

- Dans « Survival and complications of zygomatic implants : an updated systematic review » Chrcanovic BR. et coll. nous présente les limitations suivantes :

- les études de suivi de cas ne suivent pas assez longtemps les patients ayant subi cette intervention. Ainsi, certaines sinusites liées à l'implant zygomatique peuvent ne pas être diagnostiquées comme telles.
- Le signalement des sinusites dans la littérature dentaire n'a pas de consensus.
- Même si signalé, seul le terme « sinusite » est utilisé, il n'y a pas de détails de cette dernière (le type, les symptômes et les signes associés, aucun scanner)

- Aucun examen clinique ou radiologique du sinus n'était effectué en amont de l'intervention, empêchant donc d'écarter l'hypothèse d'un problème pré-existant.
- Dans « Extramaxillary Surgical Technique: Clinical Outcome of 352 Patients Rehabilitated with 747 Zygomatic Implants with a Follow-Up between 6 Months and 7 Years » l'auteur souligne que sur les 26 patients de l'étude atteints de sinusite après l'intervention, 21 d'entre eux avaient déjà eu un épisode de sinusite avant l'intervention.
- D'Agostino A. de son côté explique que :
 - Les implants zygomatiques, en particulier ceux en position intra-sinusienne peuvent entraîner des altérations de l'équilibre sinusien, mais que ces dernières seront fréquemment limitées à un niveau sub-clinique.
 - De nombreux facteurs, autres que les implants eux-mêmes, peuvent avoir un impact sur l'homéostasie sinusienne.
 - Les études s'intéressant à cette problématique n'ont pas systématiquement les mêmes critères de sélection, rendant les comparaisons entre elles difficiles. (D'Agostino A. et coll, 2016)

Ainsi le manque d'études (et de coordination entre ces dernières) apparaît comme le principal élément empêchant l'établissement d'un consensus sur la relation sinusite/implants zygomatiques.

3.2. Échec d'ostéointégration

Décrit par Molinero-Mourelle comme étant la deuxième complication la plus fréquente (avec une fréquence de survenue allant de 0 % à 9,7 %, la moyenne étant de 2,44%), la non-ostéointégration des implants zygomatiques aboutira à leur dépose systématique.

L'auteur de l'étude nous décrit des facteurs responsables de ce phénomène tel que :

- une surchauffe de l'os au cours de l'intervention, aboutissant à une nécrose de ce dernier
- Une contamination (de l'os ou de l'implant) au cours de l'intervention

- Un traumatisme au cours de l'intervention
- Un os de qualité insuffisante
- Un manque de stabilité primaire
- Une mise en fonction immédiate réalisée hors indication

3.3. Affections et infections des tissus mous péri-implantaires

Décrites comme étant associées à la survenue des sinusites (Molinero-Mourelle 2016), les infections des tissus mous péri-implantaires (ou mucosites) peuvent être favorisées par différents facteurs :

- Ostéointégration déficiente
- Manque de contact entre l'implant et la crête osseuse alvéolaire
- Infection locale superficielle
- Défaut de cicatrisation des tissus mous
- Réhabilitation prothétique inadéquate
- Quantité insuffisante de tissus kératinisés autour du col implantaire (Aparicio 2020)

Au-delà des problèmes infectieux éventuels, certains auteurs établissent un lien entre l'augmentation des récessions gingivales le long des implants zygomatiques et le développement de protocoles extra-maxillaires (Guennal P. et coll, 2018)

Au cours de cette partie, nous nous intéresserons donc à « comment limiter la survenue de ces phénomènes ».

3.3.1. La greffe en écharpe

Dans « Zygoma Anatomy-Guided Approach « Scarf Graft » for Prevention of soft tissue dehiscence around zygomatic implants : technical Note » Aparicio présente un protocole permettant, en théorie, de prévenir la récession des tissus mous dans le cadre d'une pose d'implants zygomatique en technique extra-maxillaire. En effet, bien que permettant de s'affranchir de certaines complications (telle que la sinusite, du fait que l'intégrité de la membrane sinusienne n'est pas remise en cause), la présence

d'implants directement en contact avec les tissus mous peut engendrer un stress sur ces derniers qui, en réponse, se rétracteront le long de l'implant.

Ce phénomène est d'ailleurs renforcé par 2 éléments :

- la pose des implants en technique extra-maxillaire en ne respectant pas les caractéristiques anatomiques du patient (ce qui peut altérer la vascularisation des tissus mous)
- La suppression de l'os crestal résiduel lors de la pose de l'implant : il est possible que l'os en vestibulaire de l'implant soit trop fin pour être conservé, ce qui réduit par conséquent les possibilités des tissus mous de se rattacher au cours de la cicatrisation.

À terme, cette rétractation pourra favoriser le développement de certaines complications infectieuses.

La greffe en foulard consiste en la réalisation d'une greffe de tissu conjonctif pédiculé autour du col implantaire afin de renforcer l'épaisseur de tissus mous dans cette zone qui, en épaisseur moindre, sont sujet à des phénomènes de compression pouvant altérer leur tenue dans le temps.

Pour réaliser cela, le praticien devra, après avoir posé les implants, réaliser la dissection d'un lambeau de conjonctif pédiculé dans la muqueuse palatine décollée et fixer ce dernier autour du col implantaire à l'aide d'une ostéotomie réalisée dans la crête dans laquelle sera passée un fil de suture reliant le lambeau réalisé à la muqueuse palatine. Cette suture sera réalisée selon un sens précis : elle débutera du côté de la muqueuse palatine, passera dans la perforation osseuse faite précédemment, traversera le lambeau (de face interne à face externe puis face

externe à face interne), et repartira, via l'ostéotomie, traverser la muqueuse palatine (où l'on viendra réaliser le double noeud)

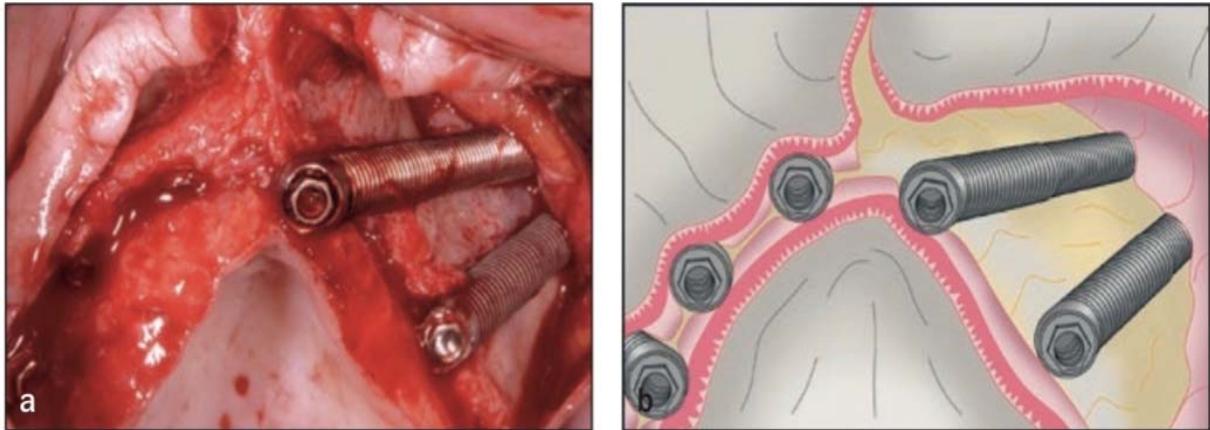


Figure 32 : photographie et illustration de la situation préopératoire d'une greffe en écharpe. (source : Aparicio, C. et coll, 2020)

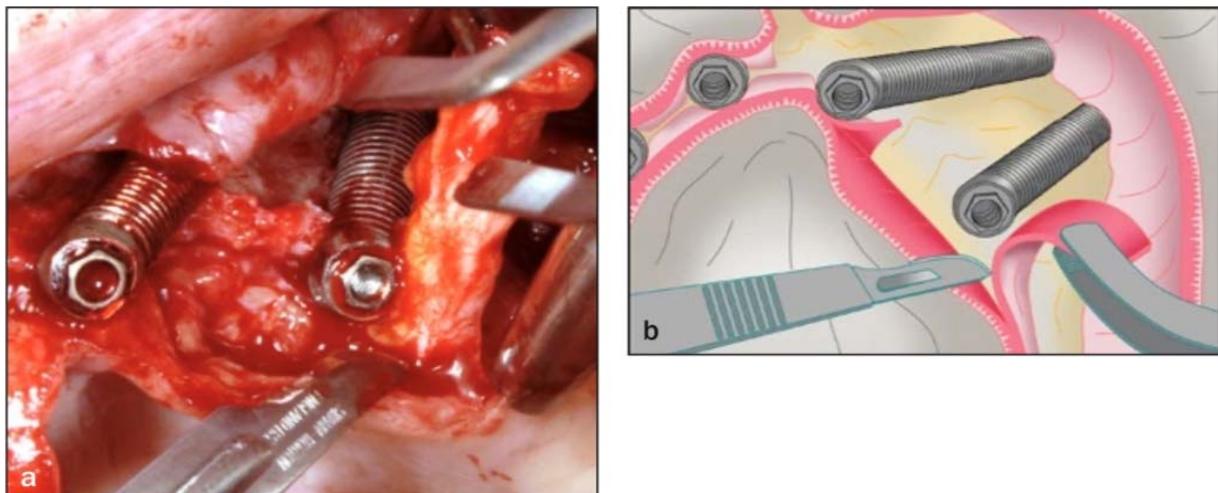


Figure 33 : photographie et illustration de la dissection du lambeau pédiculé dans la muqueuse palatine (source : Aparicio, C. et coll, 2020)

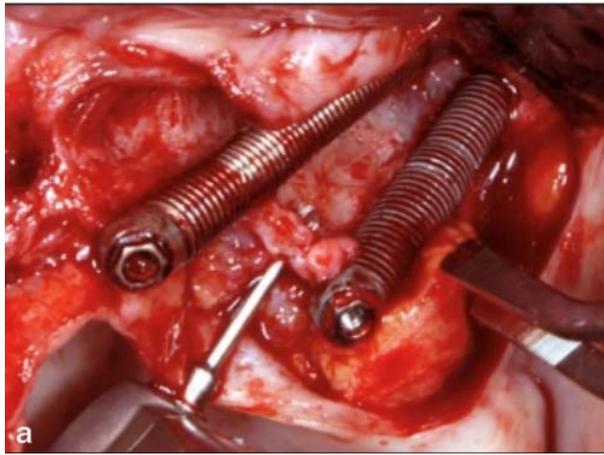


Figure 36 : photographie et illustration de la réalisation de l'ostéotomie qui permettra le passage du fil de suture qui fixera le lambeau en position définitive (source : Aparicio C. et coll, 2020)

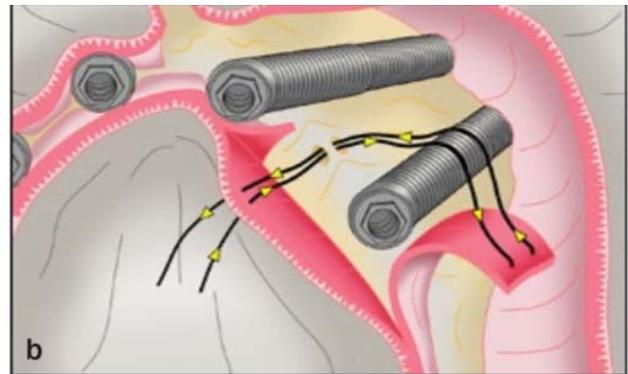
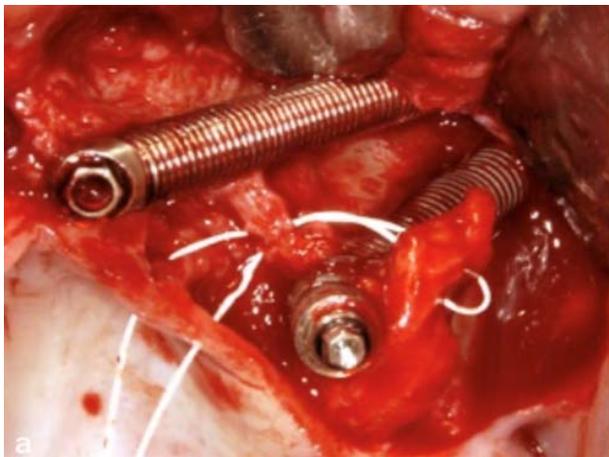


Figure 35 : photographie et illustration montrant la façon dont doit être passé le fil pour fixer le lambeau (source : Aparicio, C. et coll, 2020)

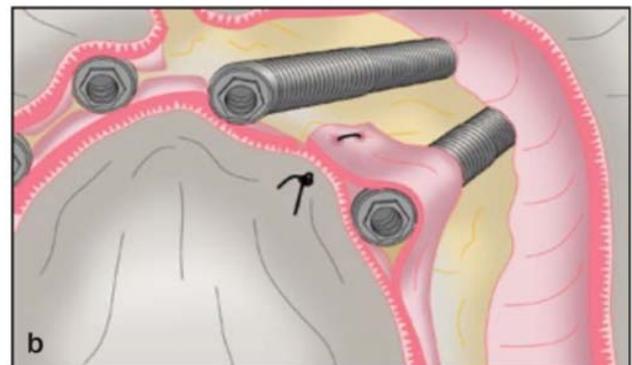
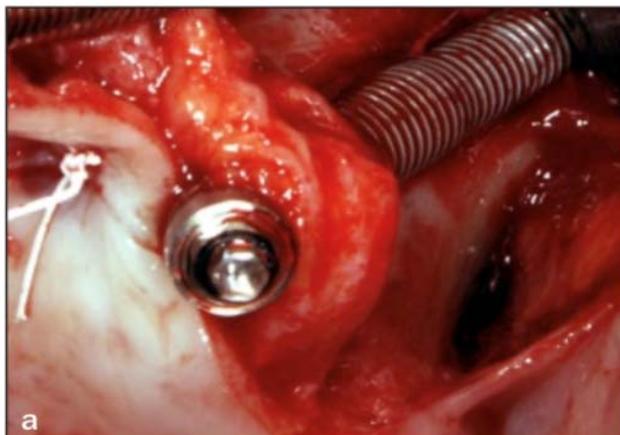


Figure 34 : photographie et illustration du lambeau fixé en position finale (source : Aparicio, C. et coll, 2020)

L'auteur décrit également la possibilité de réaliser la procédure pour un deuxième implant zygomatique du même côté. Le lambeau sera prélevé en médial et repassera par la même ostéotomie.

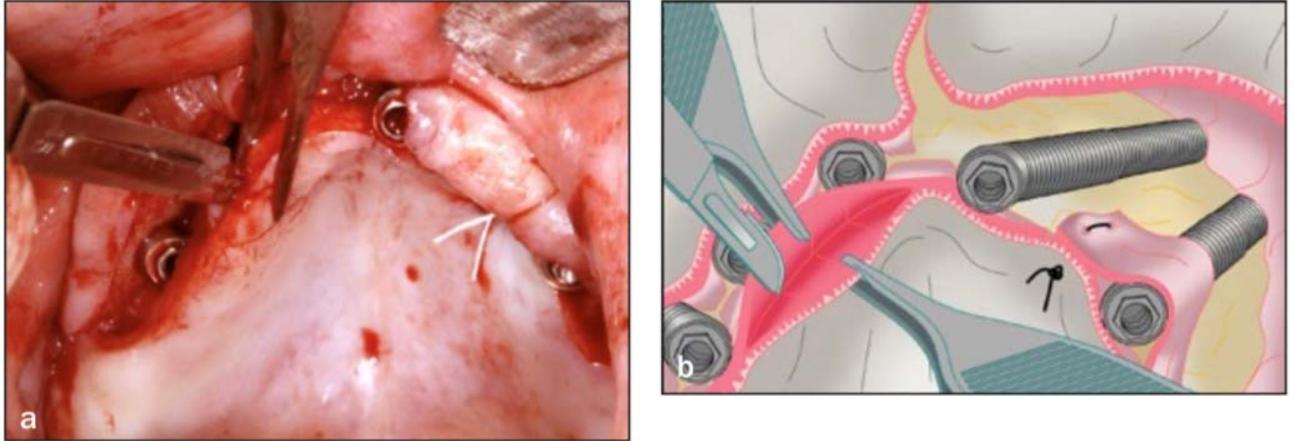


Figure 37 : photographie et illustration montrant la zone de prélèvement pour réaliser une deuxième greffe similaire sur l'implant antérieur homolatéral (source : Aparicio, C. et coll, 2020)

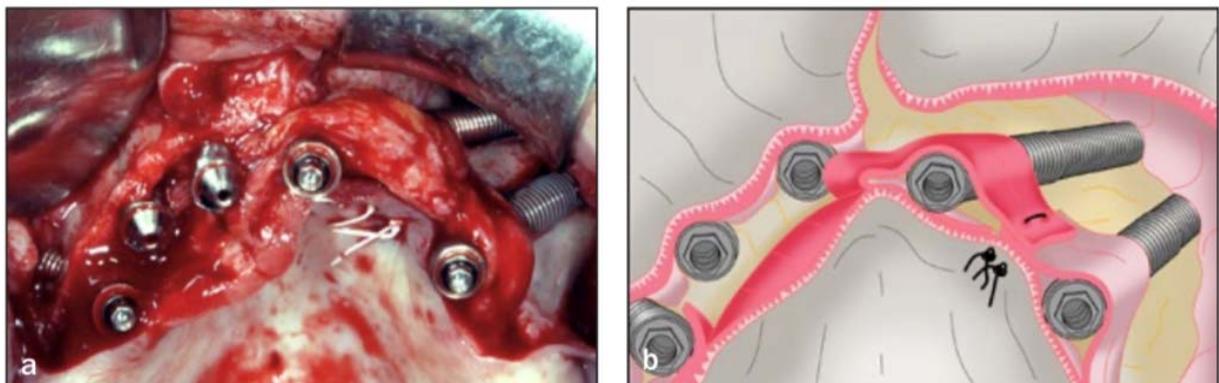


Figure 38 : photographie et illustration de la situation finale d'une double greffe en écharpe homo-latérale (source : Aparicio, C. et coll, 2020)

La greffe conjonctive, une solution aux rétractions des tissus mous buccaux ?

L'auteur rappelle que des études (Lin GH. et coll 2013) ont montré que l'absence de tissus kératinisés autour des implants endo-osseux était associée à la présence d'une quantité de plaque dentaire plus importante, à une inflammation des tissus mous péri-

implantaires plus fréquente et à des rétractions des muqueuses péri implantaires plus fréquentes.

Le renforcement des tissus gingivaux se présente alors comme une solution efficace à la survenue de ce phénomène.

Cette efficacité est cependant nuancée par un manque de prédictibilité dans les résultats post-opératoires (Aparicio C. et coll, 2020)



Figure 39 : photographie post-opératoire à 3 mois. On peut constater l'épaississement réussi des tissus mous dans la zone greffée (source : Aparicio, C. et coll, 2020)

3.3.2. Traction de la boule de Bichât

Cette chirurgie, déjà utilisée dans le cadre des corrections de communication bucco-sinusienne (décrite pour la première fois en 1977 par Egyedi P.), ou en chirurgie esthétique consiste à réaliser une traction douce de la boule de bichât afin de venir recouvrir les zones déficitaires en tissus mous. Une fois en place, le corps adipeux est suturé à la gencive avec du fil résorbable puis le tout est recouvert par le lambeau muco-périosté réalisé initialement.

Principalement utilisée pour les implants zygomatiques en situation postérieure, cette technique chirurgicale peut également être réalisée pour les implants antérieurs dans le cas d'un « quad-zygo ». Les auteurs signalent toutefois que le corps adipeux doit être tracté avec une grande prudence, qu'une dissection est réalisable mais doit être réalisée de manière très progressive (la dissection consistera principalement à sortir le corps graisseux de sa capsule afin de gagner en souplesse).

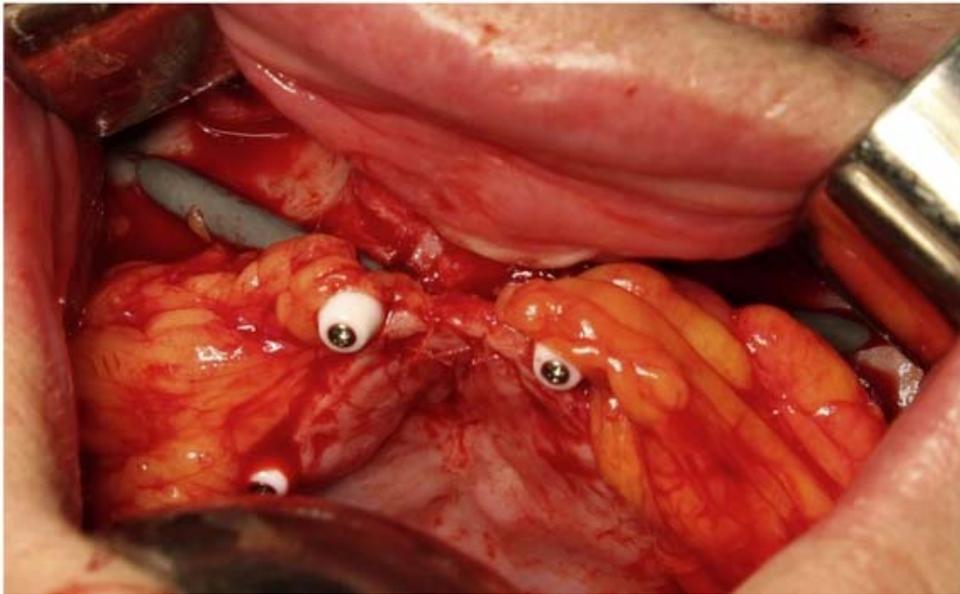


Figure 40 : Traction bilatérale de la boule de Bichât suite à la pose de deux implants zygomatiques en technique extra-maxillaire (Penaroccha-Oltra D. et coll, 2015)

Une précision est apportée sur une éventuelle interposition de la Boule de Bichât lors de la suture des lambeaux : la présence d'un peu de corps adipeux entre les 2 versants muqueux n'est pas gênante, il se transformera en tissu épidermique dans les jours suivants la chirurgie correctrice. La réalisation de cette technique présente néanmoins un inconvénient : la perte de la Boule de Bichât. Une fois tractée, cette dernière ne se régénère pas. (Penaroccha-Oltra D. et coll, 2015)

3.4. Communication bucco-sinusienne

D'une fréquence de 1 à 2 % en moyenne, la communication bucco-sinusienne faisant suite à la pose d'implants zygomatiques ne fait, à ce jour, pas l'objet d'une prise en charge consensuelle.

Pour ce qui est de sa survenue, trois causes principales sont retrouvées dans la littérature :

- Sur-préparation du site receveur (dans la région alvéolaire)
- Un défaut d'ostéointégration de la partie coronaire de l'implant
- Une fonte de la fine paroi osseuse séparant le sinus de la cavité buccale.

(La présence d'une crête résiduelle très fine étant un facteur prédisposant à la survenue du phénomène)

Comment gérer la communication bucco-sinusienne installée ?

Comme dit précédemment, aucun protocole n'est clairement établi à ce jour.

À titre d'exemple, Penarrocha-Oltra D. et coll (2015) nous propose le protocole suivant :

- Antibiotiques à large spectre : utilisé en protocole initial (exemple de protocole proposé : Amoxicilline 500mg/Acide clavulanique 125mg trois fois par jour pendant dix jours, associé à Ibuprofène 600mg, trois par jour)
- Réévaluation à un mois
- Si échec : dépose de l'implant et traction de la boule de bichât pour fermeture de la communication (la traction du corps adipeux décrit par Egyedi P. est actuellement la technique la plus utilisée dans le cadre de la fermeture des communications bucco-sinusiennes.)

D'autres voies ?

La prévention étant le meilleur traitement, des protocoles ont également été proposés afin de limiter la survenue de ces communications bucco-sinusiennes.

Comme la finesse de la paroi osseuse est un facteur prédisposant, ces protocoles reposent sur un renforcement de cette paroi afin d'obtenir un minimum de 2 à 3 mm d'épaisseur (jugée comme étant une marge de sécurité nécessaire et suffisante

- Utilisation des BMP (Bone Morphogenetic Protein) sur éponge de collagène : proposé par Jensen O. et coll (2013), le principe est d'utiliser une éponge de collagène résorbable imbibée d'une solution de BMP pour stimuler la régénération osseuse in situ.
- Réalisation d'une greffe osseuse par soulevé de sinus.

(Davo R. et coll, 2019 – Molinero-Mourelle P. et coll, 2016 – Penarrocha-Oltra D. et coll, 2015 – Jensen O. et coll, 2013)

3.5. Paresthésies et Dysesthésies

Suite à la pose d'implants zygomatiques, les patients peuvent être amenés à être atteints d'une altération de la sensibilité de la région maxillo-zygomatique. (Une durée moyenne de 3 à 8 semaines est rapportée, Davo R. et coll, 2015)

Ces paresthésies, de survenue assez rare (1 % en moyenne), seront généralement dues à une atteinte des nerfs infra-orbitaire et/ou zygomatofacial lors de l'intervention (Chrcanovic BR. et coll, 2016 – Molinero-Mourelle P. et coll, 2016)

Ainsi l'identification dès le début de l'intervention des paquets vasculo-nerveux et leur protection au cours de l'intervention seront deux éléments majeurs dans la prévention de ce risque.

Pour ce faire une palpation pré-interventionnelle minutieuse de la région maxillo-zygomatique permettra de localiser les différents reliefs sous-cutanés (notamment le foramen infra-orbitaire). (Davo R. et coll, 2015)

Au cours de l'intervention, la dissection minutieuse des tissus lors de la levée du lambeau, leur prise en charge par des écarteurs et l'utilisation de manchons de protection autour des forêts seront d'autres précautions nécessaires au bon déroulement de l'intervention et des suites.

3.6. Infection à l'apex de l'implant

Pouvant survenir des années après la pose de l'implant, l'infection de son apex se manifeste par un gonflement des tissus mous dans la région zygomatique. Gonflement qui peut être associé ou non à la présence d'une fistule.

Deux causes principales seront retrouvées dans la littérature :

- La longueur de l'implant
- Non ostéo-intégration implantaire (Davó R. et coll, 2015)

Afin d'illustrer la complication, un cas rapporté par Garcia Garcia B. et coll (2016) sera présenté :

Une patiente traitée dans le cadre d'une réhabilitation prothétique maxillaire totale a bénéficié de la pose de quatre implants zygomatiques, associés à deux implants antérieurs conventionnels.

Huit mois après le placement des implants, la patiente s'est présentée avec une lésion inflammatoire sur la zone zygomatique (érythème et un œdème, diamètre d'environ 2 cm)



Figure 41 : lésion inflammatoire apparue au niveau de la région zygomatique (Garcia Garcia B. et coll. 2016)

En première intention une antibiothérapie fut mise en place (Augmentin 1g, matin/midi/soir pendant 7 jours) associée à une thérapie anti-inflammatoire (Dexketoprofène 25 mg pendant 5 jours). Le traitement permit la résorption des signes cliniques.

La patiente s'est présentée trois mois plus tard avec une ré-activation inflammatoire située au même endroit accompagnée d'une fistulisation et une suppuration active (drainage survenu au domicile). Un examen radiographique fut réalisé et révéla une lésion kystique fistulisée de 12x6 mm associée à l'extrémité de l'implant zygomatique antérieur droit.

Un second traitement antibiotique/anti-inflammatoire fut mis en place, sans résolution cette fois.

Une intervention fut donc programmée afin de réaliser une élimination chirurgicale du kyste associé à un meulage de l'extrémité implantaire (dépassement de l'implant de la surface de l'os décelé à la palpation).

L'acte permit une résolution de la symptomatologie.

Trente et un mois plus tard, la patiente se représenta au service avec une lésion similaire du côté opposé. Le problème fut pris en charge de la même manière (abord chirurgical). Suite à cette dernière intervention il n'y eut plus de réapparition de symptômes. »

Comme rapporté par Davos R. et coll (2019) et Garcia Garcia B. et coll (2016), la prise en charge de cette complication se fait par une antibiothérapie (associée à des anti-inflammatoires) dans un premier temps, complétée par une intervention chirurgicale en second temps si persistance/ré-apparition de la symptomatologie (toujours associé à des antibiotiques).

Afin de limiter le risque de non ostéo-intégration implantaire, des précautions per-opératoires seront à appliquer :

- Contrôle de l'échauffement : un échauffement de 47° pendant plus d'une minute suffit à induire une nécrose osseuse ainsi, une irrigation importante permettra de limiter le phénomène.
- Nettoyage post-opératoire : une fois l'implant posé, une irrigation importante sera à réaliser avant de retirer l'écarteur. Cela permettra d'éliminer les débris osseux encore sur place, potentiellement contaminés par les germes de la flore orale.

(Phénomène comparable aux infections sous périostées après avulsion des troisièmes molaires).

- Retrait des instruments rotatifs sans arrêter la rotation : permet à l'irrigation d'atteindre la portion la plus apicale du forage. L'irrigation devra être réalisée tout au long de la séquence de forage, en particulier si lésion de la muqueuse sinusienne.

Une attention particulière devra être portée à l'élimination des débris muqueux, ces derniers pouvant gêner l'ostéointégration. (Garcia Garcia B. et coll, 2016)

À cela se rajoute des règles d'asepsies strictes (Davo R. 2019).

3.7. Fracture de l'implant

Complication rare et peu documentée, la fracture de l'implant zygomatique résulterait d'un mauvais positionnement de ce dernier.

Cette erreur entraînerait des contraintes inappropriées, aboutissant à la fracture de l'implant.

3.8. Lésion des muscles extra-oculaires

Cette partie consistera en un rapport de cas rédigé par Krauthammer & coll dans « American Journal of Ophthalmology Case Reports » en 2017.

L'article présente le cas d'une femme de 61 ans amenée par son dentiste au service d'urgence ophtalmique du *Tel Aviv Medical Center*.

Cette femme avait subi le matin même une intervention consistant en la pose d'implants dentaires conventionnels et zygomatiques.

Au cours de l'intervention, le praticien réalisant l'intervention a constaté un saignement soudain au niveau du canthus latéral de l'oeil droit de la patiente.

L'intervention s'étant déroulée sous anesthésie générale, il fallu attendre le réveil de la patiente pour constater une altération de la mobilité de l'oeil droit.

Emmenée aux urgences pour une évaluation, un CBCT permis de constater que l'implant zygomatique mis en place avait perforé le plancher orbitaire et

avait buté contre l'insertion du muscle Droit latéral de l'oeil ainsi que l'insertion du muscle oblique inférieur.

La façon dont la complication est survenue n'a pas été détaillée.

La conclusion de l'auteur est que la pose des implants zygomatiques doit être réservée aux chirurgiens expérimentés, dans une structure hospitalière, et qu'une meilleure communication entre les chirurgiens réalisant ces interventions et les chirurgiens ophtalmiques permettrait de réduire ce risque de complication

3.9. Fracture orbitaire

Cette partie s'appuiera sur un report de cas effectué par Ann Q. Tran & coll, publié en 2018. (« Zygomatic dental implant induced orbital fracture and inferior oblique trauma »).

Âgée de 51 ans, la patiente ne présentait pas un terrain anatomique maxillaire favorable à la pose d'implants dentaires conventionnels. Il fut ainsi décidé de procéder à la pose d'implants zygomatique afin de réhabiliter l'arcade supérieure (et des implants conventionnels pour l'arcade mandibulaire).

Immédiatement après l'intervention, la patiente signala un important oedème péri-orbitaire au niveau de l'oeil droit avec l'incapacité d'ouvrir son oeil droit (une diplopie est également décrite lors du soulèvement manuel de la paupière). Suite à un examen radiographique (panoramique et CBCT) il fût décidé de déposer l'implant zygomatique dont la position était anormale. Intervention qui permit de réduire l'oedème mais qui ne résolu pas la diplopie.

Suite à la persistance des symptômes oculaires, un examen tomodensitométrique révéla une fracture de la partie infra-latérale de l'orbite droit, lésion qui fût corrigée de manière chirurgicale ultérieurement.

Comme évoquée par l'auteur, la solution pour éviter ce type de complication reste une planification pré-opératoire rigoureuse.

3.10. Classification ORIS : nouveaux critères standardisés

Malgré des études se multipliant sur le sujet des implants zygomatiques au cours des dernières années, Aparicio C. et coll. (2020) soulèverent un problème commun à de nombreux articles : l'absence de critères standards pour évaluer la réussite ou l'échec d'un implant zygomatique.

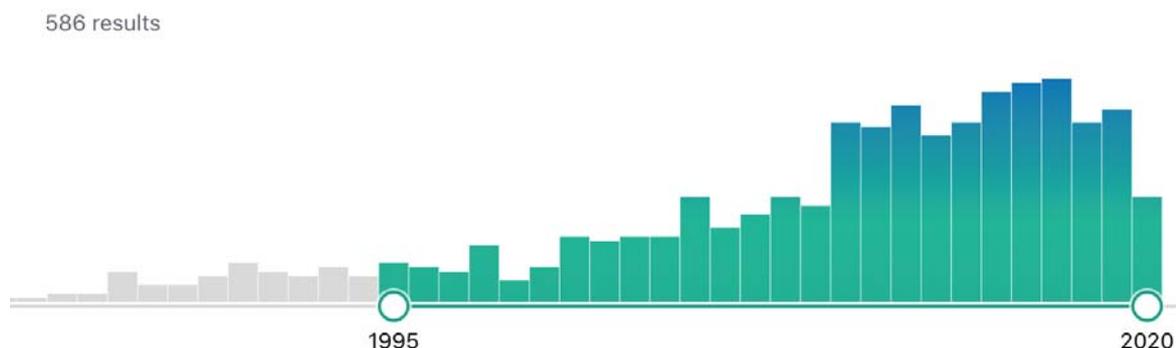


Figure 42 : diagramme de l'évolution du nombre d'articles référencés sur PubMed répondants aux mots-clés « Zygomatic Implant » en appliquant le filtre « dental journal » en catégorie (source : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>)

Ainsi, en l'absence de critères communs, les études sont soit résumées à « échec » ou « succès » (le succès étant généralement « présence de l'implant en bouche supportant une prothèse, sans douleur ni infection ») ; ce qui, du point de vue des auteurs, est trop réducteur ; soit basées sur des critères arbitraires (exemple : la stabilité implantaire ou la stabilité des tissus mous péri-implantaires, etc..)

Deuxièmement, comment comparer la réussite d'un implant zygomatique à celle d'un implant conventionnel, les deux étant fondamentalement différents ?

Dans le cas des implants conventionnels, il est admis que l'évolution de la hauteur d'os autour de l'implant est un critère majeur de succès ou d'échec.

Mais comment ce critère, faisant consensus pour les implants conventionnels, peut-il être transposé aux implants zygomatiques ? Ces derniers étant volontairement placés hors de l'os pour une bonne partie de leur longueur (dans le cas des

protocoles extériorisés), suivre l'évolution de la hauteur d'os n'aurait que peu de sens.

Ce flou général sur un sujet pouvant paraître simple « qu'est-ce-que la réussite d'un implant zygomatique ? » a donc amené Aparicio C. et coll à proposer une classification permettant de standardiser les échecs/les réussites pour les études à venir : la classification ORIS.

Pensée pour tenir compte des différences entre les implants zygomatiques et conventionnels, la classification repose sur quatre critères :

- O : « Offset of the Protheses »

Évaluera la bonne réalisation de la bonne prothèse selon des critères subjectifs (distance de l'émergence implantaire au sommet de crête, obtenue par contrôle radio. Une émergence trop palatine entraînera la réalisation d'une prothèse pouvant gêner l'élocution du patient, une émergence trop vestibulaire sera un facteur de risque pour les récessions des tissus mous)

- R : « Rhinosinus status »

Sujet très variable selon les études dont certaines pointent d'ailleurs le manque de consensus (D'Agostino A. et coll, 2016), le second critère propose d'évaluer le statut sinusien en préopératoire et en post-opératoire, selon des critères objectifs obtenus par CBCT (opacification des sinus, perméabilité du méat moyen).

Remarque : L'examen portera sur l'ensemble des sinus.

- I : « Infection permanence as evaluation of soft tissue status : peri-implant soft-tissus condition

Considéré comme un facteur clef dans le succès des réhabilitations implants-prothétique, la santé des tissus mous péri-implantaires est un élément qui doit être rapporté dans les études s'intéressant à la survie des implants zygomatiques. Pour ce faire, les auteurs proposent les éléments suivants pour un suivi objectif :

- Rapport systématique des récessions de tissus mous

- Réalisation de photographies avec échelles de mesure recommandée pour évaluer éventuelle évolution de phénomène récessif.
- Présence d'une inflammation visible des tissus mous ou de signes d'exsudation doit être systématiquement rapporté.

Ces différents éléments seront à classer selon le modèle suivant :

1/ succès de grade 1 : présence de tissus mous péri-implantaires asymptomatiques sans altération visuelle, sans récession en vestibulaire.

2/ succès de grade 2 : présence d'une récession en vestibulaire, stable dans le temps, avec absence de signes péri-implantaires inflammatoires/infectieux.

3/ succès de grade 3 : présence d'une récession en vestibulaire avec signes péri-implantaires inflammatoires ou infectieux mais dont la situation répond favorablement à un traitement.

4/ situation de « survie » de l'implant : mesures selon le modèle ORIS sont nécessaires

5/ échec : présence d'une récession en vestibulaire avec signes péri-implantaires inflammatoires ou infectieux sans amélioration suite à un traitement.

- S : « Stability »

La manière reconnue pour tester l'ostéointégration étant un test de mobilité, le critère de stabilité a été appliqué aux implants zygomatiques avec une certaine prudence.

L'application d'une force non-axiale à un implant zygomatique (en situation externe) peut, dans le cas d'un os de qualité moyenne, induire un mouvement de ce dernier sans que son ostéointégration ne soit remise en question (ce mouvement est justifié par le module d'élasticité de l'os zygomatique). Ainsi, un mouvement léger de l'implant en l'absence d'autres symptômes ne doit pas être considéré comme une complication.

De la même manière que les critères précédent, un modèle objectif d'évaluation est proposé :

1/ succès de grade 1 : aucun mouvement visible

2/ succès de grade 2 : mouvement perceptible

3/ succès de grade 3 : mouvement visible sans symptomatologie

4/ situation de « survie » de l'implant : mesures selon le modèle ORIS sont nécessaires

5/ échec : tout mouvement accompagné d'une douleur ou mouvement rotatif (avec ou sans douleur).

Après évaluation de ces quatre critères objectifs, le praticien pourra alors déterminer objectivement la survie des implants.

La classification ORIS, outre le fait d'être un outil pratique pour les praticiens, ouvre la voie à de nouvelles études pouvant être comparées pour l'évaluation des implants zygomatiques.

Table 3 Zygomatc Success Code (Revisited)					
ORIS ^a criteria	Zygomatc implant condition				
	I	II	III	IV	V
	Success			Survival	Failure
O Prosthetic offset ^b (mm)	0 ≤ d ≤ 6 -3 ≤ d ≤ 0	6 ≤ d ≤ 10 -4 ≤ d ≤ -3	10 ≤ d ≤ 15 -5 ≤ d ≤ -4	Implant not tested following ORIS criteria	d > 15 d < -5
R Rhinosinus -associated pathology ^c	L-K (-) ML-M(-)	L-K (+) or ML-M(+)	L-K (+) and ML-M(+) Occasional rhinosinusitis responding positively to medical or surgical treatment		L-K (+) and ML-M (+) Persistent or recurrent rhinosinusitis refractory to treatment
I Peri-implant soft tissue condition ^d	No recession No signs of inflammation or infection	Stable recession No signs of inflammation or infection	Progressive recession Occasional signs of inflammation or infection responding positively to treatment		Recession + Permanent or recurrent signs of soft tissue inflammation or infection refractory to treatment or no esthetic acceptance
S Stability (individually tested)	No mobility No pain No rotation	Light mobility No pain No rotation	Clear mobility (no evidence of disintegration of the apex of the implant) No pain No rotation		Clear mobility (evidence of disintegration of the apical part of the implant) Rotation and/or pain

Description of the specific criteria (ORIS) classifying zygomatic implants as successful in grades I, II, and III (conditions I to III); survival (condition IV); or failed (condition V). Zygomatic implants are evaluated for each criterion of success. The condition of the implant is determined by the worst condition of the four ORIS criteria (ie, 0-1/R-3/1-2 /S-4 would be classified as survival).

^aORIS is a term from Latin origins with a broad meaning covering the face, mouth, pronunciation, speech, and facial expression. It was chosen as a mnemonic tool because it covers all four criteria to evaluate the long-term success of single zygomatic implants.

^bProsthetic offset: distance from the center of palate to the center of residual alveolar ridge minus distance from the center of palate to the implant head. Positive values correspond to zygomatic implants placed palatally and negative values correspond to zygomatic implants placed buccally to the alveolar crest.

^cL-K is the Lanza and Kennedy clinical evaluation according to Table 2. ML-M is the Modified Lund-Mackay radiologic test evaluated as negative when no increased opacity is observed between the postsurgical L-M score and the presurgical L-M score (CBCT).

^dPeri-implant soft tissue examination is performed attending to visual manifestation of recession and/or gingival inflammation (detected on swelling, redness, or bleeding when slightly impressed); probing must be avoided. Peri-implant soft tissue infection is diagnosed when a purulent exudation is observed spontaneously or by means of applying finger pressure to the peri-implant soft tissue complex. Patient nonacceptance of the soft tissue esthetic condition might fall into condition V.

Figure 43 : tableau récapitulatif de la classification ORIS, le statut sinusien sera à évaluer radiologiquement et cliniquement selon les modalités présentées à la figure 42 (source : Aparicio C. et coll, 2020)

Table 1 Lund-Mackay Computed Tomography Staging System			
	No abnormality	Partial opacification	Total opacification
Anterior ethmoid			
Right	0	1	2
Left	0	1	2
Posterior ethmoid			
Right	0	1	2
Left	0	1	2
Maxillary			
Right	0	1	2
Left	0	1	2
Frontal			
Right	0	1	2
Left	0	1	2
Sphenoid			
Right	0	1	2
Left	0	1	2
		Nonobstructed	Obstructed
Osteomeatal complex			
Right		0	2
Left		0	2

Lund-Mackay staging worksheet. Each region is scored as 0, 1, or 2 (0 represents no abnormality; 1 represents partial opacification; and 2 represents total opacification). The osteomeatal complex can only be scored as 0 or 2. The minimum possible score is 0 (negative computed tomography), and the maximum score is 24. A normal or "negative" scan is defined as any scan with a Lund-Mackay score of 0. Any scan with a score > 0 was considered as abnormal or "positive" scan. Total score is calculated by the addition of the scores of all the regions plus the osteomeatal complex.

Table 2 Lanza and Kennedy Task Force on Rhinosinusitis Criteria for the Diagnosis of Rhinosinusitis		
Major criteria	Minor criteria	Diagnosis of rhinosinusitis requirements
Facial pain or pressure	Headache	Two or more major criteria
Facial congestion or fullness	Fever (non acute)	One major and two or more
Nasal obstruction	Halitosis	Purulence on nasal examination
Purulent discharge	Fatigue	
Hyposmia or anosmia	Dental pain	
Purulence on examination	Cough	
Fever (acute only)	Otalgia or aural fullness	

Figure 44 : Classification de Lund-Mackay pour évaluation radiologique des sinus (premier tableau) et classification de Lanza et Kennedy pour l'évaluation clinique (second tableau) (Source : Aparicio C.et coll, 2020)

4. Implants zygomatiques : une solution pertinente en 2020 ?

Ainsi, après avoir vu le « comment » de l'implant zygomatique, vient le « pourquoi ».

Pourquoi, en 2020, un praticien se tournerait-il vers les implants zygomatiques plutôt que vers les protocoles de greffes qui ont connu de nombreux progrès ces dernières années ?

Pourquoi implanter en site zygomatique alors que les progrès dans les matériaux permettent d'envisager des implants dits « extra-courts » de 4mm ou des implants angulés ?

Pour ce qui est des avantages, une revue de littérature nous dresse le tableau suivant :

- Les implants zygomatiques ont un taux de réussite de 95 % à 100 % selon les études (Rosenstein J. et coll, 2020), comparable à celui des implants conventionnels et courts (Papaspyridakos P. et coll, 2018).

Une étude de littérature fut réalisée par Aparicio C. et coll. (2008) pour étudier la survie des implants zygomatiques. Portant sur 20 articles, un total de 582 patients fut suivi sur une période allant de un an à douze ans pour un total de 1143 implants zygomatiques posés. Ce sont 18 implants zygomatiques sur les 1143 qui échouèrent, portant ainsi le taux de succès à 98,4 %.

- Une autre revue de littérature, menée par Aparicio C. et coll en 2014, s'est intéressée à la survie des implants zygomatiques et des implants conventionnels (poses en protocole mixte) sur une période de 6 mois à 12ans :
 - taux de survie moyen des implants zygomatiques : 98,1 %
 - taux de survie moyen des implants conventionnels : 95,9 %

Il en ressort que les implants zygomatiques ont un taux de réussite égal, sinon supérieur, aux implants conventionnels (cf. annexe 1)

- Les implants posés suite à des protocoles de greffes osseuses souffrent encore aujourd'hui d'un taux d'échec non-négligeable. Aparicio C.et coll. (2014) rapportent les chiffres suivants :
 - survie moyenne à 3 ans des implants posés suite à un sinus-lift latéral : 90,1 %
 - survie moyenne à 3 ans des implants posés suite à sinus-lift par voie crestale : 92,8 %
 - de 10 % à 30 % d'échec pour les greffes d'os iliaque, notamment dans les cas d'augmentations osseuses importantes, exposées au risque d'infection (Aboul-Hosn Centenero S.et coll, 2018)
 À titre comparatif, sur la même période, Malo P.et coll (2015) rapportent un taux de survie de 98,2% pour les implants zygomatiques.

- Les temps de traitements seront significativement plus courts dans la cadre d'implants zygomatiques en comparaison aux protocoles avec greffes osseuses (Chrcanovic BR.et coll, 2012), ces dernières nécessitant un temps de cicatrisation non-compressible (de l'ordre de 4 à 6 mois – Aboul-Hosn Centenero S.et coll, 2018).
 A contrario, les implants zygomatiques permettent aujourd'hui une mise en fonction immédiate. (Malo P.et coll, 2008)

- De par les étapes supplémentaires, les protocoles avec greffe osseuse ont un coût plus élevé. (Malo P.et coll, 2008)

En regard de ces avantages, il conviendra de garder à l'esprit les contraintes propres à cette technique chirurgicale : la première étant un plateau technique spécifique (les procédures étant réalisées généralement soit sous anesthésie générale, soit sous sédation par voie veineuse) mais également les coûts associés à ce dernier ainsi qu'un matériel dédié.

CONCLUSION

Depuis leur apparition en 1988, plusieurs évolutions (tant au niveau de la technique que du matériel) ont permis l'amélioration du protocole initial du Dr. Branemark.

Au fil des études réalisées, les implants zygomatiques ont prouvé leur efficacité dans la réhabilitation des secteurs postérieurs en cas d'atrophie sévère du maxillaire.

À ce jour les implants zygomatiques, pourtant peu utilisés en France, proposent des taux de réussite comparables (voir supérieurs) aux implants conventionnels.

Bien sûr tout n'est pas parfait et des complications pourront se présenter aux praticiens mais il est à garder à l'esprit que ces dernières seront majoritairement évitables par une planification pré-opératoire rigoureuse et un respect strict des protocoles chirurgicaux.

Avec des techniques adaptées aux différentes conditions anatomiques et le développement de nouveaux outils (chirurgie guidée par ordinateur, guides chirurgicaux), les implants zygomatiques se présentent aujourd'hui comme une solution moderne, compatible avec la pratique des Chirugiens-dentistes et capable de satisfaire pleinement les patients.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Aboul-Hosn Centenero S, Lázaro A, Giralt-Hernando M, Hernández-Alfaro F. Zygoma Quad Compared With 2 Zygomatic Implants: A Systematic Review and Meta-analysis. *Implant Dent*. 2018;1.
2. Almeida PHT, Salvoni AD, França FMG. Evaluation of satisfaction of individuals rehabilitated with zygomatic implants as regards anesthetic and sedative procedure: A prospective cohort study. *Ann Med Surg (Lond)*. 2017; 22:22-9.
3. Aparicio C. A proposed classification for zygomatic implant patient based on the zygoma anatomy guided approach (ZAGA): a cross-sectional survey. *Eur J Oral Implantol*. 2011; 4(3): 269-75.
4. Aparicio C. *Zygomatic implants the anatomy-guided approach*. London: Quintessence Publ ; 2012. 280p.
5. Aparicio C, Antonio S. Zygoma Anatomy-Guided Approach « Scarf Graft » for Prevention of Soft Tissue Dehiscence Around Zygomatic Implants: Technical Note. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2020; 35(2): 21-6.
6. Aparicio C, Lopez-Piriz R, Albrektsson T. ORIS Criteria of success for the Zygoma-related rehabilitation : the (revisited) zygoma success code. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2020; 35(2): 366-78
7. Aparicio C, Manresa C, Francisco K, Claros P, Alánde J, González-Martín O, et coll. Zygomatic implants: indications, techniques and outcomes, and the zygomatic success code. *Periodontol 2000*. 2014; 66(1): 41-58.
8. Aparicio C, Ouazzani W, Aparicio A, Fortes V, Muela R, Pascual A, et coll. Immediate/Early loading of zygomatic implants: clinical experiences after 2 to 5 years of follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2010; 12 Suppl 1: 77-82.
9. Aparicio C, Ouazzani W, Hatano N. The use of zygomatic implants for prosthetic rehabilitation of the severely resorbed maxilla. *Periodontol 2000*. 2008; 47: 162-71
10. Bedrossian E. Rescue Implant Concept: The Expanded Use of the Zygoma Implant in the Graftless Solutions. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2011; 23(2): 257-76.
11. Bothur S, Kullendorff B, Olsson-Sandin G. Asymptomatic chronic rhinosinusitis and osteitis in patients treated with multiple zygomatic implants: a long-term radiographic follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2015; 30(1): 161-8.
12. Brånemark P-I, Gröndahl K, Ohrenell L-O, Nilsson P, Petruson B, Svensson B, et coll. 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.
13. Chow J, Wat P, Hui E, Lee P, Li W. A new method to eliminate the risk of maxillary sinusitis with zygomatic implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2010; 25(6): 1233-40.

14. 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.
15. 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.
16. Chrcanovic BR, Pedrosa AR, Neto Custódio AL. Zygomatic implants: a critical review of the surgical techniques. *Oral Maxillofac Surg*. 2013; 17(1): 1-9.
17. Clavero J, Lundgren S. Ramus or Chin Grafts for Maxillary Sinus Inlay and Local Onlay Augmentation: Comparison of Donor Site Morbidity and Complications. *Clin Implant Dent Rel Res*. 2003; 5(3): 154-60.
18. Cordero EB, Benfatti CAM, Bianchini MA, Bez LV, Stanley K, de Souza Magini R. The use of zygomatic implants for the rehabilitation of atrophic maxillas with 2 different techniques: Stella and Extrasinus. *Ooojournal*. 2011; 112(6): 49-53.
19. 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 Craniomaxillofac Surg*. 2011; 39(2): 119-23.
20. D’Agostino A, Trevisiol L, Favero V, Pessina M, Procacci P, Nocini PF. Are Zygomatic Implants Associated With Maxillary Sinusitis? *J Oral Maxillofac Surg*. 2016; 74(8): 1562-73.
21. Davó R, David L. Quad Zygoma. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2019; 31(2): 285-97.
22. Davó R, Malevez C, López-Orellana C, Pastor-Beviá F, Rojas J. Sinus reactions to immediately loaded zygoma implants: a clinical and radiological study. *Eur J Oral Implantol*. 2008; 1(1): 53-60.
23. Davó R, Malevez C, Pons O. Immediately loaded zygomatic implants: a 5-year prospective study. *Eur J Oral Implantol*. 2013; 6(1): 39-47.
24. 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 Suppl 1(2): s141-50.
25. Davó R, Pons O. Prostheses supported by four immediately loaded zygomatic implants: a 3-year prospective study. *Eur J Oral Implantol*. 2013; 6(3): 263-9.
26. Egyedi P. Utilization of the buccal fat pad for closure of oro-antral and/or oro-nasal communications. *J Maxillofac Surg*. 1977; 5(5): 241-4.
27. Esposito M, Worthington HV, Thomsen P, Coulthard P. Interventions for replacing missing teeth: dental implants in zygomatic bone for the rehabilitation of the severely deficient edentulous maxilla. *Cochrane Database Syst Rev*. 2003; (3)

28. Freedman M, Ring M, Stassen LFA. Effect of alveolar bone support on zygomatic implants in an extra-sinus position—a finite element analysis study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2015; 44(6): 785-90.
29. Garcia Garcia B, Ruiz Masera JJ, Zafra Camacho FM. Bilateral cutaneous fistula after the placement of zygomatic Implants. Quintessence; 2016.
30. Gellrich N-C, Schramm A, Hammer B, Rojas S, Cufi D, Lagrèze W, et al. Computer-assisted secondary reconstruction of unilateral posttraumatic orbital deformity. *Plast Reconstr Surg*. 2002; 110(6): 1417-29.
31. González-García R, Monje A, Moreno-García C, Monje F. Endoscopically-Assisted Zygomatic Implant Placement: A Novel Approach. *J Maxillofac Oral Surg*. 2016; 15(2): 272-6.
32. Grecchi F, Bianchi AE, Siervo S, Grecchi E, Lauritano D, Carinci F. A new surgical and technical approach in zygomatic implantology. *Oral Implantol*. 2017; 10(2): 197-208.
33. 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.
34. Insua A, Monje A, Chan H-L, Zimmo N, Shaikh L, Wang H-L. Accuracy of Schneiderian membrane thickness: a cone-beam computed tomography analysis with histological validation. *Clin Oral Implants Res*. 2017; 28(6): 654-61.
35. Jensen OT, Adams M, Cottam JR, Ringeman J. Occult Peri-implant Oroantral Fistulae: Posterior Maxillary Peri-implantitis/Sinusitis of Zygomatic or Dental Implant Origin. Treatment and Prevention with Bone Morphogenetic Protein-2/Absorbable Collagen Sponge Sinus Grafting. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013; 28(6): 512-20.
36. 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.
37. Krekmanov L, Kahn M, Rangert B, Lindström H. Tilting of posterior mandibular and maxillary implants for improved prosthesis support. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000;15(3):405-14.
38. Lin G-H, Chan H-L, Wang H-L. The Significance of Keratinized Mucosa on Implant Health: A Systematic Review. *Journal of Periodontology*. 2013; 84(12): 1755-67.
39. Maló P, de Araújo Nobre M, Lopes A, Ferro A, Moss S. Extramaxillary surgical technique: clinical outcome of 352 patients rehabilitated with 747 zygomatic implants with a follow-up between 6 months and 7 years. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015; 17 Suppl 1: 153-62.
40. Maló P, Nobre M de A, Lopes A. Immediate rehabilitation of completely edentulous arches with a four-implant prosthesis concept in difficult conditions: an open cohort study with a mean follow-up of 2 years. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012; 27(5): 1177-90.

41. Maló P, Nobre M de A, 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.
42. Maló P, Nobre M de A, Petersson U, Wigren S. A pilot study of complete edentulous rehabilitation with immediate function using a new implant design: case series. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2006; 8(4): 223-32.
43. Maló P, Rangert B, Nobre M. All-on-4 immediate-function concept with Brånemark System implants for completely edentulous maxillae: a 1-year retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2005; 7 Suppl 1: s88-94.
44. Migliorança RM, Coppedê A, Dias Rezende RCL, de Mayo T. Restoration of the edentulous maxilla using extrasinus zygomatic implants combined with anterior conventional implants: a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011; 26(3): 665-72.
45. Molinero-Mourelle P, Baca-Gonzalez L, Gao B, Saez-Alcaide L-M, Helm A, Lopez-Quiles J. Surgical complications in zygomatic implants: A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2016; 21(6): 751-7.
46. Mozzati M, Mortellaro C, Arata V, Gallesio G, Previgliano V. Rehabilitation with 4 zygomatic implants with a new surgical protocol using ultrasonic technique. *J Craniofac Surg.* 2015; 26(3): 722-8.
47. Nkenke E, Hahn M, Lell M, Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Stech B, et al. Anatomic site evaluation of the zygomatic bone for dental implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2003;14(1):72-9.
48. Norton NS, Netter FH, Duparc F, Coquerel-Beghin D. Netter Précis d'anatomie clinique de la tête et du cou. Issy-les-Moulineaux: Masson; 2015. p.37, p.44, p.176
49. Olarte H, Gómez-Delgado A, Trujillo-Saldarriaga S, Castro-Núñez J. Inferior Meatal Antrostomy as a Prophylactic Maneuver to Prevent Sinusitis After Zygomatic Implant Placement Using the Intrasinus Technique. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015; 30(4): 862-7.
50. Papaspyridakos P, Souza A, Vazouras K, Gholami H, Pagni S, Weber H. Survival rates of short dental implants (≤ 6 mm) compared with implants longer than 6 mm in posterior jaw areas: A meta-analysis. *Clin Oral Impl Res.* 2018; 29 Suppl (16): 8-20.
51. Pellegrino G, Tarsitano A, Basile F, Pizzigallo A, Marchetti C. Computer-Aided Rehabilitation of Maxillary Oncological Defects Using Zygomatic Implants: A Defect-Based Classification. *J Oral Maxillofac Surg.* 2015; 73(12): 2446.e1-2446.e11.
52. Pena N, Campos PSF, de Almeida SM, Bóscolo FN. Determination of the length of zygomatic implants through computed tomography: establishing a protocol. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008; 37(8): 453-7.
53. Peñarrocha-Oltra D, Alonso-González R, Pellicer-Chover H, Aloy-Prósper A, Peñarrocha-Diago M. 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.
54. Pi Urgell J, Revilla Gutiérrez V, Gay Escoda CG. Rehabilitation of atrophic maxilla: a review of 101 zygomatic implants. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2008; 13(6): 363-70.
55. Migliorança RM, Al I, M P-D, Rr F, Aizcorbe-Vicente J, Ij ZF. History of zygomatic implants: A systematic review and meta-analysis. *Dent Oral Craniofac Res*. 2019
56. Romeed SA, Hays RN, Malik R, Dunne SM. Extrasinus Zygomatic Implant Placement in the Rehabilitation of the Atrophic Maxilla: Three-Dimensional Finite Element Stress Analysis. *Journal of Oral Implantology*. 2015; 41(2): 1-6.
57. Rosano G, Taschieri S, Gaudy J-F, Del Fabbro M. Maxillary sinus vascularization: a cadaveric study. *J Craniofac Surg*. 2009; 20(3): 940-3.
58. Rosenstein J, Dym H. Zygomatic Implants: A Solution for the Atrophic Maxilla. *Dent Clin North Am*. 2020; 64(2): 401-9.
59. Stella JP, Warner MR. Sinus slot technique for simplification and improved orientation of zygomatic dental implants: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000; 15(6): 889-93.
60. 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.
61. Suomalainen A, Kiljunen T, Käser Y, Peltola J, Kortensniemi M. Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography scanners. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2009; 38(6): 367-78.
62. Tran AQ, Reyes-Capó DP, Patel NA, Pasol J, Capó H, Wester ST. Zygomatic dental implant induced orbital fracture and inferior oblique trauma. *Orbit*. 2019; 38(3): 236-9.
63. Wang CI, Cho S-H, Cho D, Ducote C, Reddy LV, Sinada N. A 3D-Printed Guide to Assist in Sinus Slot Preparation for the Optimization of Zygomatic Implant Axis Trajectory. *J Prosthodont*. 2020; 29(2): 179-84.
64. Wang F, Bornstein MM, Hung K, Fan S, Chen X, Huang W, et al. Application of Real-Time Surgical Navigation for Zygomatic Implant Insertion in Patients with Severely Atrophic Maxilla. *J Oral Maxillofac Surg*. 2018; 76(1): 80-7.
65. Xu X, Zhao S, Liu H, Sun Z, Wang J, Zhang W. An Anatomical Study of Maxillary-Zygomatic Complex Using Three-Dimensional Computerized Tomography-Based Zygomatic Implantation. *Biomed Res Int*. 2017; 2017: 8027307.
66. Zhenggang C, Chunxia Q, Shengchi F, Dedong Yu, Yiqun W, Jing Q, Xiajun C. Pilot study of a surgical robot system for zygomatic implant placement. *Med Eng Phys*. 2020; 75:72-8.

67. ZYGOMATIC IMPLANTS: optimization and innovation. S.l.: SPRINGER; 2020.

ANNEXE – COMPARATIF SURVIE IMPLANTS ZYGOMATIQUES COMPARÉE SURVIE IMPLANTS CONVENTIONNELS

(source : Aparicio C. et coll, 2014)

Study (reference)	Follow-up period	Patients (n)	Zygomatic implants	Failed zygomatic implants	Conventional implants	Failed conventional implants
Parel et al. (73)	1–12 years	27	65	0	?	?
Bedrossian et al. (21)	34 months	22	44	0	80	7
Vrielinck et al. (90)	<2 years	29	46	3	80	9
Boyes-Varley et al. (23)	6–30 months	45	77	0	?	?
Malevez et al. (62)	0.5–4 years	55	103	0	194	16
Branemark et al. (30)*	1–10 years	81	164	4	?	?
Hirsch et al. (53)	1 year	66	124	3	?	?
Branemark et al. (24)	5–10 years	28	52	3	106	29
Becktor et al. (17)	1–6 years	16	31	3	74	3
Penarrocha et al. (75)	1–1.5 years	5	10	0	16	0
Farzad et al. (42)	1.5–4 years	11	22	0	42	1
Ahlgren et al. (2)	1–4 years	13	25	0	46	0
Aparicio et al. (13)	0.5–5 years	69	131	0	304	2
Bedrossian et al. (19)	>12 months	14	28	0	55	0
Chow et al. (27)	10 months	5	10	0	20	0
Duarte et al. (36) [†]	6–30 months	12	48	2	0	–
Penarrocha et al. (74)	12–45 months	21	40	0	89	2
Davo et al. (33)	6–29 months	18	36	0	68	3
Mozzati et al. (67)	24 months	7	14	0	34	0
Pi-Urgell et al. (78)	1–72 months	54	101	4	221	15
Davó et al. (34)	12–42 months	42	81	0	140	4
Maló et al. (64)	6–18 months	29	67	1	57	0
Balshi et al. (15)	9–60 months	56	110	4	391	11
Davó (31)	60 months	21	45	1	109	11
Aparicio et al. (12)	6–8 months	20	41	0	87	0
Aparicio et al. (11)	7–38 months	25	47	0	127	0
Bedrossian (18)	84 months	36	74	2	98	0
Stiévenart et al. (85) [†]	6–40 months	20	80	3	0	–
Davó et al. (35) [†]	12 months	17	67	0	0	–
Migliorança et al. (66)	≥12 months	65	150	2	286	2
Aparicio et al. (10)	120 months	22	41	2	131	4
Aparicio et al. (9)	12–84 months	80	157	5	442	20
Total		1031	2131	42	3297	139

*From Darle (30).

[†]Studies in which four zygomatic implants were placed for the treatment of extremely resorbed maxilla.

? No data available

TABLES DES MATIÈRES

SOMMAIRE.....	8
LISTE DES FIGURES	9
INTRODUCTION	12
1. ÉLÉMENTS ANATOMIQUES ESSENTIELS.....	13
1.1. Os zygomatique	13
1.2. Os maxillaire	15
2. TECHNIQUES OPERATOIRES.....	18
2.1. Généralités	18
2.1.1. Les différentes techniques.....	18
2.1.2. Indications	18
2.1.3. Contre-indications.....	19
2.1.4. La classification ZAGA.....	19
2.2. Préparation	25
2.2.1. Planification	25
2.2.2. Médication pré-per-post opératoire.....	26
2.2.3. Anesthésie.....	28
2.3. Protocoles opératoires	29
2.3.1. Technique historique développée par Branemark	29
2.3.2. Approche « sinus slot technique »	37
2.3.3. Technique extra-sinusienne.....	42
2.3.4. Technique par approche extra-maxillaire.....	44
2.3.5. Variations entre deux et quatre implants zygomatiques ?	46
2.3.6. Quelle approche chirurgicale privilégier ?.....	48
2.4. Techniques en développement.....	49

2.4.1.	Les guides chirurgicaux	49
2.4.2.	Chirurgie implantaire guidée par ordinateur.....	51
2.4.3.	Chirurgie assistée par endoscopie.....	57
2.4.4.	Piezochirurgie	61
2.4.5.	Robots chirurgicaux et implants zygomatiques : une voie vers l'automatisation	62
3.	COMPLICATIONS	64
3.1.	La sinusite.....	64
3.1.1.	Généralités	64
3.1.2.	Discussion	65
3.2.	Échec d'ostéointégration.....	66
3.3.	Affections et infections des tissus mous péri-implantaires	67
3.3.1.	La greffe en écharpe.....	67
3.3.2.	Traction de la boule de Bichât	72
3.4.	Communication bucco-sinusienne	74
3.5.	Paresthésies et Dysesthésies	75
3.6.	Infection à l'apex de l'implant.....	76
3.7.	Fracture de l'implant.....	78
3.8.	Lésion des muscles extra-oculaires.....	78
3.9.	Fracture orbitaire.....	79
3.10.	Classification ORIS : nouveaux critères standardisés	80
4.	IMPLANTS ZYGOMATIQUES : UNE SOLUTION PERTINENTE EN 2020 ? ..	85
	CONCLUSION	87
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	88

**ANNEXE – COMPARATIF SURVIE IMPLANTS ZYGOMATIQUES COMPARÉE
SURVIE IMPLANTS CONVENTIONNELS..... 94**

ROGERAT Guillaume - Implants Zygomatiques : techniques opératoires et complications

Nancy 2020 : 101 pages. 44 figures ; 0 tableaux

Th. : Chir.-Dent. : Nancy 2020

Mots-clefs :

- implants
- techniques
- zygomatiques
- complications

Résumé :

Depuis le début de l'implantologie dentaire, la réhabilitation des secteurs postérieurs en cas d'atrophies sévères du maxillaire a été un défi.

En réponse à cela, le Pr. Branemark proposa en 1988 un concept innovant : les implants zygomatiques.

Conçus pour s'affranchir des protocoles de greffes osseuses, les implants zygomatiques ont vu leurs techniques évoluer pour s'adapter aux différentes conditions anatomiques.

Ces différents protocoles ainsi que les complications pouvant en découler seront ici présentés pour permettre aux praticiens s'intéressant à ces implants d'appréhender au mieux cette pratique chirurgicale habituellement hors du domaine d'expertise du Chirurgien-Dentiste.

Jury :

Président : Pr Pascal AMBROSINI

Membres : Dr Julie GUILLET
Dr David JOSEPH
Dr Steve CIESLAK

Directeur de thèse : Pr Pascal AMBROSINI

Adresse de l'auteur :

Guillaume ROGERAT
64, rue Haute Seille
57000 METZ

Vu la demande du doyen de la faculté d'odontologie de Lorraine sur le rapport du jury :

Président : P. AMBROSINI – Professeur des universités (Directeur de thèse)
Membre du jury : J. GUILLET_THIBAUT – Maître de conférences des universités
Membre du jury : D. JOSEPH – Maître de conférences des universités
Membre du jury : S. CIESLAK – Assistant hospitalier universitaire

le président de l'université de Lorraine autorise

Monsieur Guillaume ROGERAT

né à ÉPINAL (Vosges) le 23 septembre 1995,

à soutenir le vendredi 11 septembre 2020

et imprimer sa thèse en vue d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire intitulée :

« Implants Zygomatiques : techniques opératoires et complications »

Nancy, le 15 juillet 2020

N° autorisation : 11253C

Le président de l'université de Lorraine



P. MUTZENHARDT