

Augmentation osseuse sous-sinusienne : actualisation du concept du sinus lift.

Sub-sinus bone augmentation : sinus lift concept update.

France LAMBERT*, Geoffrey LECLOUX*, Eric ROMPEN**

* *Service de Parodontologie et de Chirurgie Bucco-dentaire, Université de Liège, Belgique.*

** *Professeur et chef de service - Service de Parodontologie et de Chirurgie Bucco-dentaire, Université de Liège, Belgique.*

Résumé

L'élévation du plancher sinusal est une technique permettant de placer des implants d'une longueur suffisante au niveau du maxillaire postérieur. Depuis qu'elle a été initialement décrite dans les années 80, cette technique a beaucoup évolué. A l'heure actuelle, on peut considérer cette approche comme prédictible, simple et réalisable au fauteuil sous anesthésie locale. Cet article vise d'abord à expliciter clairement le phénomène biologique du « sinus-lift », ensuite, de décrire le protocole chirurgical que nous appliquons à l'Université de Liège (Belgique) et de le confronter avec la littérature scientifique existante.

Abstract

Sinus floor elevation is a technique allowing implant placement in the posterior edentulous maxilla when residual bone height is limited. This technique has much evolved since it has been first introduced in the eighties. Nowadays, this approach is considered as predictable, simple and executable under local anaesthesia. This present article aims at clearly describing the biological phenomenon of "sinus- lift". Moreover, the surgical protocol used at the University of Liège is didactically considered and reasoned according to the scientific literature.

Mots clés : Sinus maxillaire ; Implant dentaire ; Augmentation osseuse ; Bio-Oss®

Keywords : Maxillary sinus ; Dental implant ; Bone augmentation ; Bio-Oss®

La hauteur osseuse résiduelle au maxillaire postérieur est fréquemment limitée par la présence des sinus maxillaires. Ceci résulte de l'absence des molaires et / ou prémolaires au maxillaire, qui permet au sinus de se pneumatiser au dépend de la crête alvéolaire, sous l'effet de la pression intra-sinusale. À cause de ce phénomène la pose d'implants dans ce secteur devient un défi (Van den Bergh et coll., 2000) (Fig. 1). L'élévation du plancher sinusal est une technique qui permet d'augmenter la hauteur osseuse résiduelle du maxillaire postérieur. La pose d'implants d'une longueur suffisante est alors possible (10 mm est la longueur minimum actuellement validée par la littérature). Cette technique a également l'avantage d'être compatible avec la plupart des situations cliniques. Elle est même applicable dans les cas d'implants unitaires, contrairement aux techniques implantaires contournant le sinus tels que les implants inclinés ou zygomatiques (Fig. 2 et 3). Cependant, cette procédure telle qu'elle était décrite initialement par Tatum et Boyne était relativement lourde et traumatique (Boyne et James, 1980). Aujourd'hui, le protocole a beaucoup évolué non seulement sur l'aspect technique mais aussi par l'introduction des biomatériaux. Cette nouvelle approche est devenue une intervention réalisable au fauteuil sous anesthésie locale, en peu de temps et sans second site chirurgical, ni suite opératoire majeure. Elle est également devenue une technique fiable montrant des taux de succès élevés (Del Fabbro et coll., 2004 ; Wallace et Froum, 2003). Par ailleurs, dans certaines indications, les implants peuvent être placés simultanément, la durée totale du traitement étant alors considérablement réduite. Cet article vise à partager l'expérience que nous avons à l'Université de Liège - Belgique et est basée sur plus de 200 élévations du plancher sinusal, réalisées entre 1996 et 2005.

Principes biologiques de l'élévation sinusale

L'élévation du plancher sinusal a souvent été considérée comme une greffe osseuse. En effet, en 1996, une conférence de consensus sur le « sinus-lift » s'est déroulée à Boston et, la procédure était qualifiée de « sinus bone-graft ».

Aujourd'hui, 10 ans plus tard, nous pensons que ce terme n'a plus de raison d'être, suite aux nouvelles évidences scientifiques appuyées par la littérature récente. Le sinus maxillaire est une cavité osseuse intra-maxillaire, délimité par des murs osseux et tapissé par une membrane muqueuse ciliée (Membrane de Schneider).

Cet espace aérien est continuellement soumis à une pression fluctuante liée à la respiration nasale. Un décollement périphérique et une élévation de la membrane de Schneider entraînent la formation d'un caillot sanguin. Tout comme pour une alvéole d'extraction, le caillot sanguin va s'organiser et des bourgeons conjonctivo-vasculaires vont progresser à partir des murs osseux. Des facteurs de croissance induiront la différenciation des cellules mésenchymateuses en ostéoblastes. A leur tour, les ostéoblastes vont synthétiser du collagène de type I et initier l'ostéogénèse qui va évoluer de manière concentrique (Araujo et coll., 2005). La formation osseuse est donc possible à partir d'un caillot sanguin (Asai et coll., 2002). Cependant, la cavité intra-sinusale est continuellement soumise à une pression positive liée à la respiration nasale. Cette pression qui s'exerce sur le caillot sanguin entraîne une repneumatisation du sinus si la membrane n'est pas mécaniquement maintenue en position haute. Un biomatériau peut dans ce cas être utilisé comme mainteneur d'espace et stabiliser ainsi la membrane de Schneider en position haute. Plusieurs études ont montré qu'en introduisant de l'hydroxyapatite d'origine bovine déprotéinisée (HAB) comme mainteneur d'espace, la repneumatisation du sinus sous l'effet de la pression présente dans le sinus maxillaire est inhibée (Haas et coll., 1998 ; Xu et coll., 2004). En d'autres termes, le soulèvement de la membrane induit la formation du caillot sanguin dans un espace clos délimité en grande partie par des murs osseux. Grâce à cette situation d'exclusion cellulaire, le caillot peut être le siège d'une régénération osseuse à partir des parois osseuses périphériques. Le biomatériau inclus dans le caillot joue, initialement, un rôle de support mécanique qui empêche l'affaissement de la membrane sinusale sous l'effet des pressions intra-sinusiennes (Xu et coll., 2005).

En accord avec les principes exposés ci-dessus, nous comprenons que la formation osseuse se fait à partir des murs osseux et que le terme « greffe osseuse sous sinusienne » n'est plus approprié.

Quel type de mainteneur d'espace doit-on utiliser ?

L'utilisation de plusieurs types de matériaux ont été décrits dans les élévations du plancher sinusal tels que l'os autologue en bloc ou en particules, le phosphate tricalcique, l'hydroxyapatite synthétique ou d'origine bovine... Ce matériau ou biomatériau doit, à notre sens, répondre aux qualités suivantes :

1. maintenir mécaniquement la membrane en position haute,
2. permettre la stabilisation tridimensionnelle du caillot sanguin,
3. permettre la progression ostéogénique (ostéoconduction),
4. empêcher la ré-expansion du sinus,
5. accélérer la vitesse et la qualité de l'os régénéré.

Plusieurs biomatériaux peuvent être utilisés. Cependant, l'utilisation d'os autologue associé, le plus souvent à un second site chirurgical, a désormais peu d'intérêt. En effet, des résultats chirurgicaux et des taux de succès prothétiques équivalents, voire meilleurs, sont mis en évidence avec l'utilisation de biomatériaux seuls (Valentini et Abensur, 1997 ; Valentini et coll., 1998 ; Valentini et coll., 2000 ; Valentini et Abensur, 2003). A l'heure actuelle, l'hydroxyapatite d'origine bovine (Bio-Oss[®], Geistlich, Suisse) est notre matériau de choix. Ce biomatériau est largement documenté dans la littérature, et par ailleurs, sa propriété, peu ou non résorbable, est une spécificité intéressante (Scarano et coll., 2004). En effet, aucun autre biomatériau ne résiste dans le temps à la réexpansion du sinus sous l'effet des pressions intrasinusales (Hatano et coll., 2004) (Fig. 4).

Technique chirurgicale

Au sein de notre équipe, la technique de la fenêtre est la plus fréquemment employée. Elle a été adaptée en toute logique avec les principes biologiques exposés précédemment et les évidences scientifiques actuelles (cf. ci-après) (Asai et coll., 2002 ; Xu et coll., 2003 ; 2004 ; Xu et coll., 2005a ; Xu et coll., 2005b). Lorsque le sinus

maxillaire est largement étendu et que le plancher sinusal n'est plus qu'une fine lame osseuse (inférieure à 3 mm), l'implantation est différée de 6 mois. Les différents prélèvements histologiques obtenus par carottage au niveau des sites implantaire lors de la seconde étape chirurgicale, montrent une ostéogenèse progressant le long des grains d'hydroxyapatite et apparaissant plus mature dans la région cervicale. A 6 mois, la régénération osseuse apparaît suffisante pour assurer une bonne stabilité primaire des implants (technique en 2 temps) (Fig. 5 et 6). Par contre, si la hauteur résiduelle du plancher sinusal est suffisante (entre 3 et 7 mm) pour stabiliser les implants, ils sont placés simultanément (technique en 1 temps) (Fig. 7). Ce protocole en un seul temps chirurgical raccourcit considérablement la durée du traitement et selon notre étude, semble montrer des résultats fiables à long terme. Dans les deux techniques chirurgicales, les implants ne sont jamais enfouis, pour autant que la stabilité primaire des implants soit suffisante.

Ostéotomie et gestion du potentiel ostéogénique

L'ostéotomie du mur latéral du sinus est réalisée à l'aide d'une fraise boule diamantée, atraumatique pour la membrane de Schneider. La membrane est ensuite délicatement décollée et élevée (Fig. 8).

La position et la taille de la fenêtre d'accès latéral sont réalisées afin de conserver un maximum du potentiel ostéogénique provenant du mur vestibulaire. Elle est située le plus haut possible, et sa taille dépasse rarement un centimètre de diamètre. Cependant, il faut faire un compromis entre un accès visuel suffisant et une épargne maximale des tissus ostéogéniteurs (Fig. 9).

Les septa intermédiaires parfois rencontrés (Krennmair et coll., 1999 ; Ulm et coll., 1995a ; Ulm et coll., 1995b) sont d'excellentes sources ostéogéniques et dans la mesure du possible, ils sont conservés. Dans ce cas, deux fenêtres sont parfois réalisées de part et d'autre du septum.

Introduction du matériau d'espacement

La nature du matériau utilisé a déjà été discutée ci-dessus. Il est délicatement introduit dans l'espace créé sous la membrane, en s'assurant d'élever correctement la membrane et en évitant de la pincer sur le mur médian. Le matériau est peu tassé afin de permettre la formation d'un caillot sanguin et une ostéogenèse optimale dans les espaces interstitiels. L'HAB est hydratée par une solution de doxycycline (1 mg/ml). En plus de son activité antibiotique, la tétracycline stimule l'adhésion des ostéoblastes, nécessaire pour permettre la synthèse matricielle (Drury et Yukna, 1991). Il en résulterait donc une augmentation de la vitesse de minéralisation (Fig. 10).

Choix des implants

Une hauteur osseuse minimale de 5 mm est souvent recommandée pour une implantation immédiate (Rodoni et coll., 2005). Nous essayons plutôt d'évaluer la capacité à obtenir une bonne stabilité primaire. Elle va dépendre de la qualité et de la quantité osseuse mais aussi de plusieurs autres paramètres tels que, la technique chirurgicale, le design et le type de surface implantaire. La séquence de forage est adaptée en fonction de la qualité osseuse, généralement moindre dans ce secteur. Un sous-forage entraîne la compression de l'os lors du placement de l'implant et améliore la stabilité primaire. Le choix d'un système implantaire conique ou cylindroconique entraîne un meilleur blocage mécanique de l'implant lors de son insertion. Une surface rugueuse améliore la vitesse et la qualité de l'ostéointégration (Cochran et coll., 2007 ; Grassi et coll., 2006).

De cette manière, même avec des hauteurs osseuses résiduelles inférieures à 5 mm, une stabilité suffisante peut être obtenue.

Dans le cas où un sinus-lift en deux temps est indiqué, des implants coniques à surfaces rugueuses sont également utilisés car la qualité de l'os dans un plancher sinusal régénéré est comparable à celle de l'os maxillaire postérieur (type IV).

Occlusion de la fenêtre d'accès par une membrane

La littérature met en évidence une ossification meilleure dans la région de la fenêtre si une membrane en vestibulaire est appliquée. Elle permet d'éviter une infiltration de tissu conjonctif à travers la fenêtre d'accès. Cependant, une augmentation du taux de survie implantaire avec l'application d'une membrane, n'a pas été démontrée (Tarnow et coll., 2000 ; Wallace et coll., 2005). Puisque l'application de cette membrane n'est en aucun point néfaste, une membrane resorbable en collagène (Biogide®, Geistlich, Suisse) est placée par-dessus cette fenêtre avant de suturer soigneusement le lambeau. Cette membrane est préalablement imbibée d'une

solution de doxycycline diluée dans du liquide physiologique à des concentrations de 10 mg/ml. Les propriétés anti-collagénases de la doxycycline retarderaient la résorption de la membrane et son effet de barrière serait prolongé (Rifkin et coll., 1993) (Fig. 11 et 12).

Implants enfouis ou non-enfouis

Dans notre technique, les implants ne sont jamais enfouis, même si le placement des implants et l'élévation sinusale sont réalisés en un seul temps chirurgical. Il n'est donc pas nécessaire d'imposer un décapuchonnage aux patients, ce qui évite une étape chirurgicale supplémentaire. Cependant, les implants sont enfouis si le torque d'insertion est inférieur à 20 N/cm². Néanmoins, la gestion muco-gingivale est importante afin de fermer les tissus mous hermétiquement autour des vis de cicatrisation (Fig. 13). Nos résultats sont comparables à ceux retrouvés dans la littérature avec des techniques enfouies.

Complications

La perforation de la membrane de Schneider est une des complications les plus fréquentes. Elles sont détectées dans 18 % de nos cas, ce qui correspond approximativement aux valeurs décrites par la littérature (Cho et coll., 2001).

Le diagnostic d'une perforation peut être facilement établi en surveillant le mouvement fluctuant de la membrane qui est synchronisé avec la respiration nasale. Un arrêt de celui-ci est le plus souvent synonyme d'un passage d'air à travers la membrane. Quand la perforation est petite et localisée, elle peut être obturée avec une membrane résorbable. De cette manière, le risque d'échappement du matériau de comblement dans le sinus est diminué et il reste circonscrit dans un milieu stérile. Aussitôt la déchirure hermétisée, le mouvement fluctuant réapparaît. L'intervention est normalement poursuivie et le taux de succès chirurgical n'apparaît pas être influencé (Shlomi et coll., 2004). Si la perforation est plus large, il faut davantage décoller la membrane afin qu'elle se rassemble sur elle-même dans la partie haute du sinus. Dans certains rares cas, la perforation est ingérable et l'intervention doit être abandonnée. La ré-intervention peut être envisagée 6 à 8 semaines plus tard (Chanavaz 1990). Une autre complication parfois rencontrée est une lésion de l'artère sub-antrale. L'artère sub-antrale est une anastomose inconstante entre l'artère infra-orbitaire et l'artère alvéolaire supérieure postérieure. Elle se situe à la face interne du mur osseux latéral ou même parfois dans l'épaisseur de celui-ci (Elian et coll., 2005).

Par conséquent, une lésion de celui-ci lors de l'ostéotomie est parfois inévitable et peut entraîner une hémorragie limitée et généralement gérable en comprimant la paroi osseuse à l'aide d'une pince Gouge.

Etudes et cas clinique

La littérature scientifique traitant des élévations sinusiennes (Del Fabbro et coll., 2004 ; Wallace et Froum, 2003) rapporte, pour la technique de la fenêtre latérale, un taux de survie implantaire de 92 %, implantations simultanées et différées confondues. En terme de matériau d'espacement, de meilleurs résultats cliniques sont retrouvés avec l'utilisation de biomatériaux seuls (96 %) par rapport à l'os autogène (87.7 %) ou à une combinaison des deux (94.9 %). Dans toutes ces études, les implants sont systématiquement enfouis que la méthode soit simultanée ou différée. Nous avons suivi, à long terme (pendant une période variant de 3 à 8 ans), un groupe de 40 patients ayant bénéficié de la pose d'un ou plusieurs implants et d'une augmentation sous-sinusienne dans un même temps chirurgical (110 implants et 53 augmentation sous-sinusienne).

La hauteur osseuse résiduelle variait entre 3 et 8 mm et aucun des implants n'ont été enfouis, excepté deux, car leur stabilité primaire était faible. Ces 2 implants ont été décapuchonnés 4 mois plus tard et ont pu être mis en fonction avec succès. Les résultats de cette étude révèlent un taux de survie implantaire de 98 % et prothétique de 100 % après une période variant de 3 à 8 ans. Ces résultats sont supérieurs à ceux retrouvés dans la littérature malgré le protocole raccourci (Fig. 14, 15, 16, 17 and 18).

Perspectives d'avenir

Le terme « chirurgie » au sens général est perçu par les patients comme un acte traumatique, compliqué et douloureux. Mais au cours de ces dernières années, tous les domaines de la chirurgie proposent des protocoles plus simples et surtout moins traumatiques. L'implantologie et la reconstruction osseuse préimplantaire suivent également cette évolution. En effet, les techniques chirurgicales deviennent peu invasives et les protocoles sont raccourcis. La régénération osseuse dépend, d'une part du processus biologique de cicatrisation et d'autre part de

facteurs individuels. Le processus de cicatrisation osseuse chez l'homme est orchestré par plusieurs types de facteurs de croissances tels que les « Bone Morphogenic Protéine » (BMPs), le « Platelet Derived Growth Factor » (PDGF), le « Vascular Endothelial Growth Factor » (VEGF), etc... Plusieurs études animales ont déjà clairement mis en évidence l'efficacité de ces molécules pour améliorer la vitesse et la qualité de la cicatrisation osseuse. L'étude de l'activité de ces facteurs de croissance est en pleine expansion dans le domaine de l'implantologie orale et de la chirurgie maxillo-faciale. Les perspectives d'avenir quant à l'utilisation de ces molécules afin d'offrir aux patients des traitements plus efficaces et plus rapides, semblent être prometteuses. (Boyne et coll., 2005 ; Dunn et coll., 2005 ; Fiorellini et coll., 2005 ; Nevins et coll., 2005 ; Roldan et coll., 2004 ; Southwood et coll., 2004 ; Terheyden et coll., 1999).

Conclusion

En conclusion, à l'heure actuelle, les mécanismes biologiques impliqués dans les chirurgies d'élévation du plancher sinusien sont mieux compris : seule la présence d'un caillot sanguin stable dans le temps est requise pour recréer de l'os sous la membrane sinusale, et l'ossification de ce caillot se fait de manière concentrique à partir des murs osseux de cette cavité intra-maxillaire. L'introduction d'os autologue ou d'un biomatériau dans l'espace créé sous le sinus n'a aucun rôle dans la promotion osseuse, il permet la stabilité tridimensionnelle du caillot face aux pressions intra-sinusales. D'un point de vue clinique, selon nos résultats, il n'est pas nécessaire d'enfouir les implants placés dans une augmentation osseuse sous-sinusienne, y compris pour la technique en un seul temps chirurgical. D'autre part, étant donné, la compréhension du système biologique des « sinus-lifts » ainsi que les nombreuses publications de résultats cliniques fiables avec des techniques n'utilisant que des biomatériaux, l'utilisation d'os autogène dans les augmentations osseuses sous-sinusiennes n'a plus lieu d'être.

The residual bone height in the posterior edentulous maxilla is frequently limited by the presence of the maxillary sinuses. This results from an absence of molars and/or premolars in the maxilla allowing the sinus to pneumatize under an influence of intra-sinus pressure at the expense of the alveolar crest. Due to this phenomenon, implant placements in this sector become a challenge (Van den Bergh et al., 2000) (Fig. 1). A sinus floor elevation is a technique to increase the residual bone height of the posterior edentulous maxilla. A placement of implants with a sufficient length is then possible (10 mm is the minimum length presently validated in the literature). This technique also has the advantage to be compatible with most of clinical situations. It is even applicable in cases of single implants, contrary to implant techniques bypassing the maxillary sinus such as inclined or zygomatic implants (Fig. 2 and 3). However, this procedure as it was initially described by Tatum and Boyne was relatively heavy and traumatic (Boyne and James, 1980). Today, the protocol has much evolved a lot not only on technical aspect but also by an introduction of biomaterials. This new approach has become an intervention practicable in a dental chair under local anesthesia, within a short time and without second surgical site or major operative consequence. It has also become a reliable technique showing high success rates (Wallace and Froum, 2003 ; Del Fabbro et al., 2004). Besides, in certain indications, implants can be simultaneously placed, the total treatment duration being then considerably reduced.

This article aims at sharing our experiences basing on more than 200 sinus floor elevations performed between 1996 and 2005 at the University of Liège, Belgium.

Biologic principles of sinus elevation

Sinus floor elevation was often considered as a bone graft. Indeed, in 1996, a consensus meeting on « sinus-lift » took place in Boston and the procedure was qualified as « sinus bone-graft ».

Ten years later, we now think that this term is not any more justified according to the new scientific evidences based on recent literature. The maxillary sinus is an intra-maxillary bone cavity bounded by osseous walls and lined with a ciliate mucous membrane (Schneider's membrane).

This air space is constantly subject to a fluctuating pressure related to the nasal respiration. A peripheral detachment and an elevation of Schneider's membrane lead to a blood clot formation. As in case of extraction sockets, blood clot gets organized while vascular and connective tissue burgeons progress from surrounding osseous walls. Growth factors will induce a differentiation of mesenchymatous cells into osteoblasts. In turn, osteoblasts will synthesize collagen type I and osteogenesis will be initiated and then evolves in a concentric

manner (Araujo et al., 2005). Bone formation is thus possible from a blood clot (Asai et al., 2002). However, the intra-sinus cavity is constantly subject to a positive pressure related to nasal respiration. This pressure exercising on the blood clot leads to a sinus repneumatization if the membrane is not mechanically maintained in a high position.

A biomaterial can be used in this case as space maintainer to stabilize the Schneider's membrane in a high position. Several studies have shown that by introducing deproteinized hydroxyapatite of bovine origin (HAB) as space maintainer, sinus repneumatization under the influence of the pressure present in the maxillary sinus is inhibited (Haas et al., 1998 ; Xu et al., 2004).

In other words, the membrane lifting induces the formation of blood clot in a closed space largely surrounded by osseous walls. Considering this situation of cellular exclusion, the clot can be the location of bone regeneration from peripheral osseous walls. A biomaterial included in the clot plays, initially, a role of mechanical support preventing a collapse of the sinus membrane under the influence of intra-sinus pressures (Xu et al., 2005).

In agreement with the principles explained above, we understand that bone formation is initiated from the osseous walls and that the term « sub-sinus bone graft » is not any more appropriate.

What type of space maintainers to use ?

The use of several material types has been described in sinus floor elevations such as autologous bone in block or particles, tricalcium phosphate, hydroxyapatite of synthetic or bovine origin, etc. This material or biomaterial must, to us, respond to the following qualities :

1. mechanically maintain the membrane in a high position,
2. allow a three-dimensional stabilization of the blood clot,
3. allow an osteogenic progress (osteoconduction),
4. prevent a re-expansion of the sinus,
5. improve speed and quality of the regenerated bone.

Several biomaterials can be used. The use of autologous bone associated mostly to a second surgical site presents thus henceforth less interest. Indeed, equivalent or even better surgical results and rates of prosthetic success are shown when only biomaterials were used (Valentini and Abensur, 1997 ; Valentini et al., 1998 ; Valentini et al., 2000 ; Valentini and Abensur, 2003). At the moment, hydroxyapatite of bovine origin (Bio-Oss\ Geistlich, Swiss) is our material of choice. This biomaterial is widely documented in the literature and moreover its few or non-resorbable property is an interesting specificity (Scarano et al., 2004). Indeed, no other biomaterial resists with time to a re-expansion of the sinus under the influence of intrasinus pressures (Hatano et al., 2004) (Fig. 4).

Surgical technique

For our team, the window technique is most frequently employed. It was logically adapted with the biologic principles explained previously and current scientific evidences (cfr. below) (Asai et al., 2002 ; Xu et al., 2003 ; Xu et al., 2004 ; Xu et al., 2005 ; Xu et al., 2005).

When the maxillary sinus is widely spread and when the sinus floor is not more than a fine bone plate (inferior to 3 mm), implant placement is postponed for 6 months. Various histological samples taken from implant sites during the second surgical step show an osteogenesis progressing along hydroxyapatite grains and appearing more mature in the cervical region. At 6 months, the bone regeneration appears sufficient to assure a good primary stability of implants (2-step technique) (Fig. 5 and 6).

On the other hand, if the residual height of the sinus floor is sufficient (between 3 and 7 mm) to stabilize the implants, they are simultaneously placed (1-step technique) (Fig. 7). This protocol in a single-step surgery considerably reduces the treatment duration and, according to our study, seems to show long-term reliable results. In both surgical techniques, implants are never buried as far as the primary stability of implants is sufficient.

Osteotomy and osteogenic potential management

Osteotomy of the lateral sinus wall is performed by means of a round diamond bur, atraumatic for Schneider's membrane. The membrane is then delicately detached and elevated (Fig. 8).

The position and size of the lateral window access must be managed in a way that buccal osteogenic potential deriving from the wall can be preserved at maximum. It is situated as high as possible and its size rarely exceeds one centimeter in diameter. A compromise is however necessary between a sufficient visual access and a maximal saving of osteogenic tissues (Fig. 9).

Intermediate septa sometimes encountered (Ulm et al., 1995 ; Ulm et al., 1995 ; Krennmair, Ulm et al., 1999) are excellent osteogenic sources and, as possible, must be preserved. In this case, two windows are sometimes performed on both sides of the septum.

Introduction of space maintainer material

The nature of the material employed was already discussed above. It is delicately introduced into the space created under the membrane by making sure to correctly elevate the membrane and avoiding pinching it on the medial wall. The material is slightly pressed in order to allow the formation of blood clot and an optimal osteogenesis in interstitial spaces. HAB is hydrated with a doxycycline solution (1 mg / ml). Besides its antibiotic activity, tetracycline stimulates an adhesion of osteoblasts, necessary for matrix synthesis (Drury and Yukna, 1991). It would thus result in an increased speed of mineralization (Fig. 10).

Choice of implants

A minimal bone height of 5 mm is often recommended for an immediate implant placement (Rodoni et al., 2005). The capacity to obtain a good primary stability is evaluated and depends on bone quality and quantity but also on several other parameters such as surgical technique, design and type of implant surface.

Drilling sequence is adapted according to the bone quality, generally lesser in this sector. A sub-drilling leads to bone compression during implant placement and improves the primary stability. A selection of an implant system, whether conical or cylindro-conical, requires the one with a better mechanical locking of the implant during its insertion. A rough surface improves the speed and quality of osteointegration (Grassi et al., 2006 ; Cochran et al., 2007).

In this way, even with residual bone heights lower than 5 mm, a sufficient stability can be obtained.

In case that a 2-step sinus-lift is indicated, conical implants with rough surfaces will be used because the bone quality of the regenerated sinus floor is comparable to that of posterior maxillary bone (type IV).

Closure of access window with a membrane

The literature demonstrates a better ossification in the window region if a barrier membrane is applied on the buccal access. An infiltration of connective tissue through the access window can thus be avoided. However, an increased implant survival rate with membrane application was not demonstrated (Tarnow et al., 2000 ; Wallace et al., 2005). Since a membrane application has no detrimental effect, a resorbable collagen membrane (Biogide®, Geistlich, Swiss) is placed over this window prior to careful flap suturing. This membrane is beforehand soaked with a solution of doxycycline diluted in physiological liquid at a concentration of 10 mg/ml. Anti-collagenases properties of doxycycline would delay membrane resorption and its effect of barrier would be prolonged (Rifkin et al., 1993) (Fig. 11 and 12).

Buried or non-buried implants

In our technique, implants are never buried, even if implant placement and sinus elevation are performed at single surgical time. It is not thus necessary to impose an implant uncoverage to the patients then avoiding a supplementary surgical step. However, implants are buried if the insertion torque is lower than 20 N/cm².

Nevertheless, the muco-gingival management is important in order to hermetically close the soft tissues around the healing screw (Fig. 13). Our results are comparable to those found in the literature with buried techniques.

Complications

Perforation of Schneider's membrane is one of the most frequent complications and discovered in 18 % of our cases. This figure corresponds approximately to the values described in the literature (Cho et al., 2001).

A diagnosis of perforation can be easily established by observing a fluctuating movement of the membrane which is synchronized with nasal respiration. An arrest of this movement is mostly synonymic of a passage of air through the membrane. When the perforation is small and localized, it can be filled with a resorbable membrane. In this way, the risk of filling material pushed into the sinus is decreased and the sinus remains sterile. Once the tear is hermetically closed, the fluctuating movement reappears.

The surgical intervention can normally continue and the surgical success rate does not appear to be influenced (Shlomi et al., 2004).

If the perforation is rather large, it is more necessary to detach the membrane so that it gathers on itself in a high part of the sinus. In certain rare cases, the perforation is uncontrolled and the intervention must be abandoned. A re-intervention can be envisaged 6 to 8 weeks later (Chanavaz 1990). Another complication sometimes encountered is a lesion of the sub-antral artery. The sub-antral artery is an inconstant anastomosis between the infra-orbital artery and the superior posterior alveolar artery. It is situated in the internal surface of the posterior osseous wall or even sometimes within its thickness (Elian et al., 2005).

Consequently, its lesion during osteotomy is sometimes inevitable and can entail a limited bleeding and generally be managed by pressing the osseous wall with Gouge forceps.

Studies and clinical case

The scientific literature concerning sinus elevations (Wallace and Froum, 2003 ; Del Fabbro et al., 2004) reports, for lateral window technique, an implant survival rate of 92 %, including simultaneous and postponed implant placements. In term of space maintainer material, better clinical results are found when biomaterials are only used (96 %) with regard to autogenic bone (87.7 %) or in a combination of both (94.9 %). In all these studies, implants are systematically buried whether simultaneous or postponed technique.

A long term follow-up (during a period varying from 3 to 8 years) is performed in a group of 40 patients having benefited from a placement of one or several implants and a sub-sinus augmentation in the same surgical step (a total of 110 implants and 53 sub-sinus augmentations).

The residual bone height varied between 3 and 8 mm and none of the implants were buried, except two because their primary stability was weak. These 2 implants were uncovered 4 months later and showed to be successfully functional. The results of this study reveal an implant survival rate of 98 % and a prosthetic survival rate of 100 % after a period varying from 3 to 8 years. These results are superior to those found in the literature in spite of the shortened protocol (Fig. 14, 15, 16, 17 and 18).

Future perspectives

The term "surgery" is generally perceived by the patients as a traumatic, complicated and painful act. However, during these last years, all domains of surgery propose simpler protocols and especially less traumatic. Implantology and pre-implant osseous reconstruction also follow this evolution. Indeed, surgical techniques become less invasive and protocols are shortened.

Bone regeneration depends, on one hand on the biologic process of healing and on the other hand on individual factors. The process of bone healing in human is orchestrated by several types of growth factors such as « Bone Morphogenic Proteine » (BMPs), « Platelet Derived Growth Factor » (PDGF), « Vascular Endothelial Growth Factor » (VEGF), etc.

Several animal studies have already clearly demonstrated an efficiency of these molecules to improve the speed and quality of bone healing. The study on activity of these growth factors is rapidly growing in the field of oral implantology and maxillo-facial surgery. Future perspectives as for the use of these molecules to offer to the patients the more effective and faster treatments seem promising. (Terheyden et al., 1999 ; Roldan et al., 2004 ; Southwood et al., 2004 ; Boyne et al., 2005 ; Dunn et al., 2005 ; Fiorellini et al., 2005 ; Nevins et al., 2005).

Conclusion

In conclusion, at present, biological mechanisms involved in sinus floor elevations are better understood : only the presence of a stable blood clot is required to recreate bone under the sinus membrane and an ossification of this clot is initiated in a concentric manner from the osseous walls of this intra-maxillary cavity. An introduction of autologous bone or a biomaterial in the space created under the sinus has no role in bone promotion. It allows however a three-dimensional stability of the clot against intra-sinus pressures. From a clinical point of view, according to our results, it is not necessary to bury implants placed in case of sub-sinus bone augmentation and in 1-step surgical technique. On the other hand, due to a biological understanding of « sinus-lifts » as well as numerous publications of reliable clinical results with techniques using only biomaterials, the use of autogenic bone in sub-sinus bone augmentation is not any more essential.

Fig. 1 : *Pneumatisations extensives du sinus dans les secteurs où les dents sont absentes.*

Extensive sinus pneumatization in edentulous sectors.

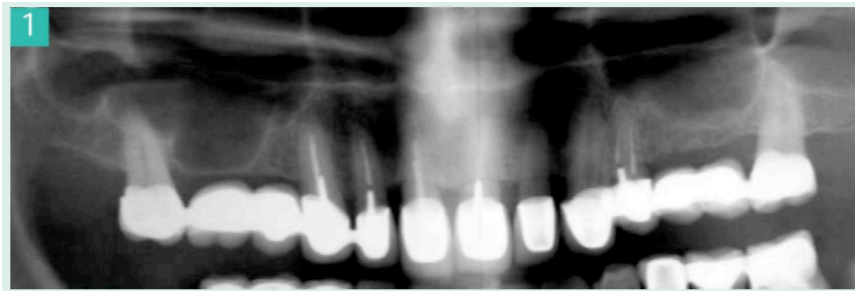


Fig. 2 : *Orthopantomogramme : épais-sissement bilatéral du sinus à l'aide d'hydroxyapatite bovine seule.*

Orthopantomogram : bilateral sinus thickening after insertion of only bovine hydroxyapatite.

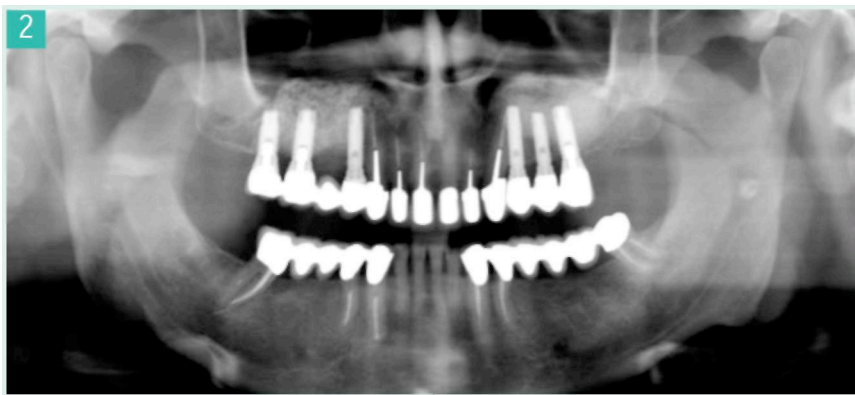


Fig. 3 : *Orthopantomogramme : épais-sissement localisé du plancher sinusal.*

Orthopantomogram : localized thickening of the sinus floor.



Fig. 4 : Coupe panoramique d'un scanner à six mois post-opératoire. Les élévations sinusales ont été réalisées avec du Bio-Oss® (Geitslich, Suisse) seul.

Postoperative panoramic scanner section at six months. Sinus elevations were performed with Bio-Oss® (Geitslich, Swiss) only.

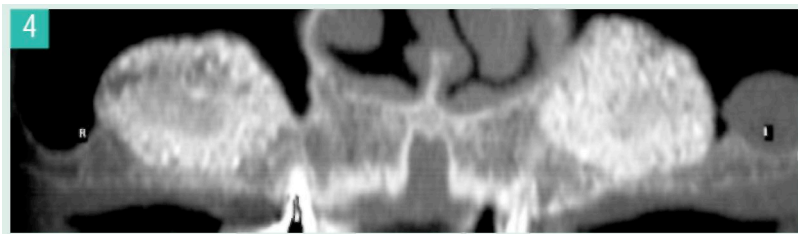


Fig. 5 : Coupe histologique (hématoxiline et éosine) à faible grossissement d'une biopsie prélevée dans le futur site implantaire six mois après l'élévation du plancher sinusal. La partie basse correspond à l'os résiduel (*) et sus-jacent la partie régénérée avec de l'os néoformé le long des particules d'hydroxyapatite.

Histologic section (hematoxylin and eosin) at a low magnification of a biopsy taken from the future implant site six months after sinus floor elevation. The lower part corresponds to the residual bone (*) and the upper part to the regenerated part showing neoformed bone along hydroxyapatite particles.



Fig. 6 : Fort grossissement de la partie haute de la biopsie. Les particules d'hydroxyapatite, basophiles et acellulaires, sont parsemées de vacuoles optiquement vides résultant du processus de décalcification. Ces

particules sont interconnectées par des trabécules éosinophiles d'os néoformé. Les zones inter-trabéculaires sont remplies par du tissu conjonctif et des vaisseaux sanguins.

High magnification of the upper part of the biopsy. Basophilic and acellular hydroxyapatite particles are scattered with optically void vacuoles resulting from the decalcification process. These particles are interconnected by eosinophilic trabeculae of neoformed bone. Inter-trabecular zones are filled with connective tissue and blood vessels.

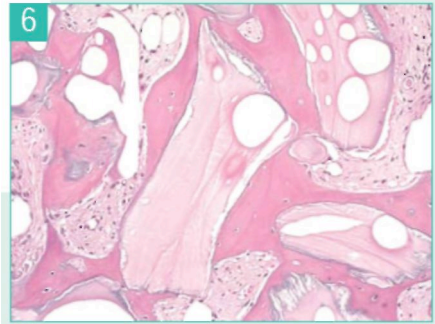


Fig. 7 : Élévation du sinus et placement des implants en 1 seul temps chirurgical. Les implants placés dans les zones sous-sinuales sont coniques. Dans ce cas, les implants ont été placés en même temps que l'élévation du plancher sinusal malgré des hauteurs osseuses résiduelles relativement faibles.

Sinus elevation and implant placement in a single surgical step. The implants placed in the sub-sinus zones are conical. In this case, the implants are placed simultaneously as sinus floor elevation although the residual bone height are relatively weak.



Fig. 8 : Ostéotomie du mur latéral du sinus.

Osteotomy of the sinus lateral wall.

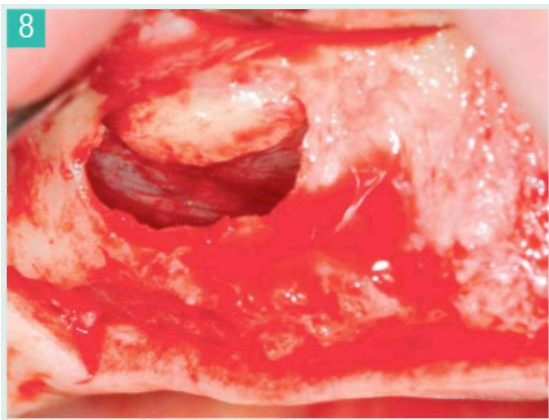


Fig. 9 : Ce schéma représente la position idéale de la fenêtre d'accès. Elle est petite et située suffisamment haut

pour optimiser l'ostéof ormation autour de l'implant.

This schematic illustration shows the ideal position of access window. It is small and situated sufficiently high to optimize an osteof ormation around the implant.

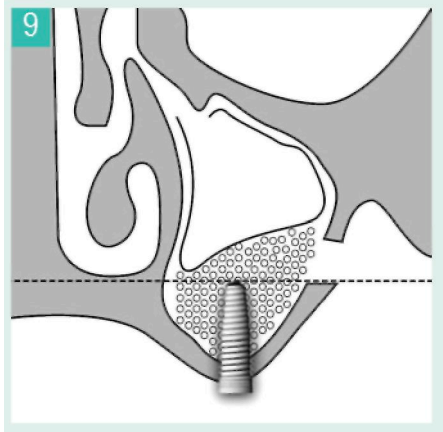


Fig. 10 : Mise en place du biomatériau d'espacement (Bio-Oss®, Geitslich, Suisse).

Introduction of space maintainer biomaterial (Bio-Oss®, Geitslich, Swiss).



Fig. 11 : Application d'une membrane résorbable sur la fenêtre d'accès (BioGide®, Geitslich, Suisse). Elle est ajustée aux dimensions de celle-ci.

Application of a resorbable membrane on the access window (BioGide®, Geitslich, Swiss). An adjustment is made to fit the window's size.

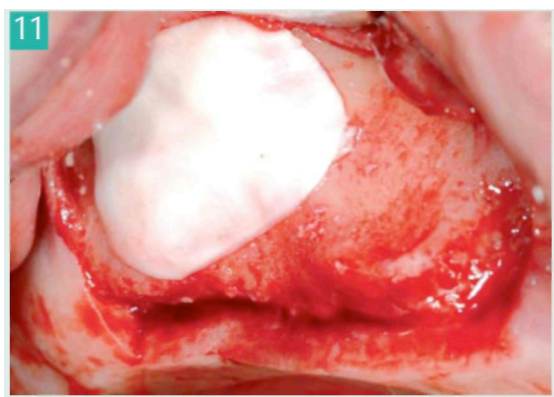


Fig. 12 : Les sutures sont réalisées avec de la soie 4/0 en alternant des points simples et des points de

Matelassier internes horizontaux (point en U) afin d'assurer une parfaite herméticité des tissus.

Sutures are performed with 4/0 silk in alternating simple stitches and internal horizontal Matelassier stitches (U stitch) in order to assure a perfect hermetic closure of the tissues.

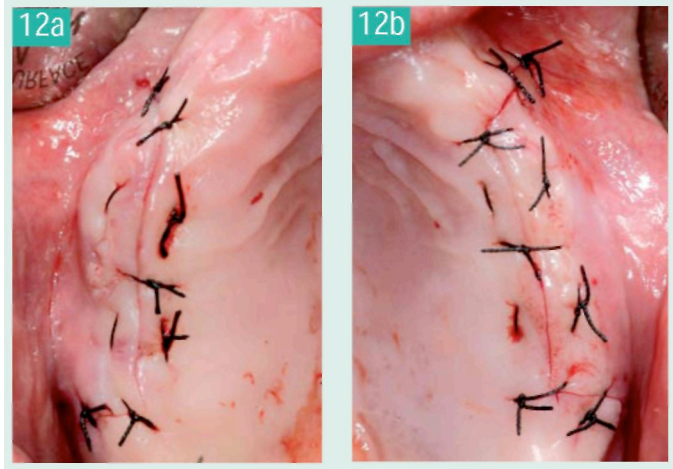


Fig. 13 : *La gestion des tissus mous périimplantaire est réalisée de façon à obtenir de la fibro-muqueuse partout autour de l'implant afin d'assurer une bonne herméticité tissulaire..*

The management of peri-implant soft tissues is performed to obtain fibro-mucosa around the implant in order to assure a good tissue hermetic seal.

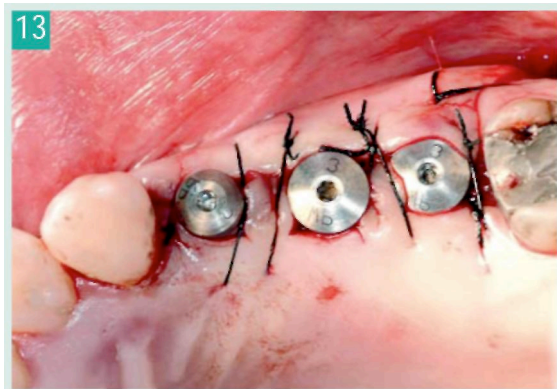
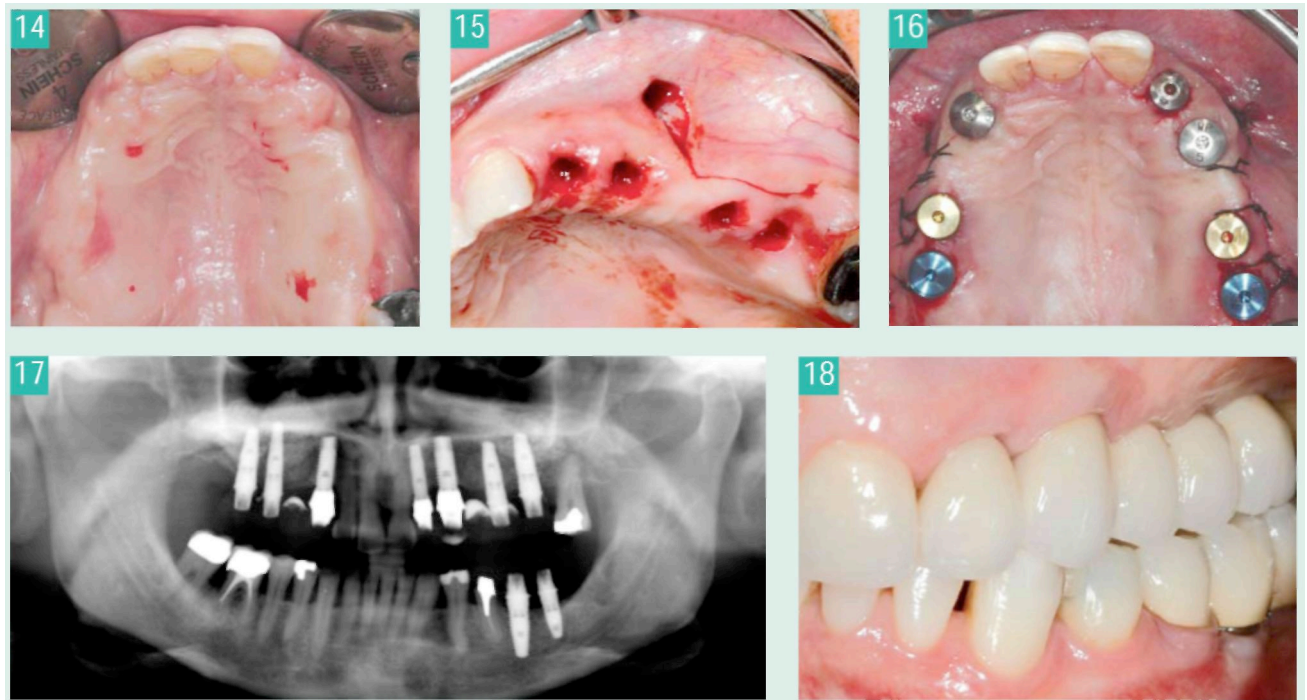


Fig. 14, 15, 16, 17 et 18 : *Un double sinus lift doit être réalisé chez ce patient afin de pouvoir y placer des implants dans les zones postérieures (14). L'accès chirurgical au sinus a été réalisé indépendamment des sites implantaire mais demeure toujours dans de la gencive kératinisée. Les implants ont été placés dans un même temps chirurgical et sans lambeau (15). Une mise en charge précoce (3 mois après le placement des implants) a été réalisée. L'application de ce protocole raccourci requiert une excellente stabilité primaire des implants. Dans cette optique, la séquence de forage a été adaptée, des implants coniques avec une surface rugueuse ont été choisis pour atteindre une stabilité primaire optimale même en présence d'une hauteur résiduelle inférieure à 5 mm (16, 17). Les restaurations finales : deux bridges tout céramique (DCS[®], DCS Dental AG, Suisse) (18).*

A double sinus lift must be performed in this patient in order to be able to place implants in the posterior zones (14). A surgical access to the sinus was performed independently from the implant sites but remains always in the keratinized gingiva. The implants are placed simultaneously and without flap (15). Early implant loading (3 months after implant placement) was performed. An application of this shortened protocol requires an excellent primary implant stability. In this optic, a drilling sequence was adapted, conical implants with a rough surface was selected to attain an optimal primary stability even in a presence of a residual height inferior to 5 mm (16, 17). Final restorations were all ceramic two bridges (DCS[®], DCS Dental AG, Swiss) (18).



Références

- ARAUJO M. G., SUKEKAVA F., WENNSTROM J.L., LINDHE J. Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *J Clin Periodont* 2005;32(6):645-652.
- ASAI S., SHIMIZU Y., OYAK. Maxillary sinus augmentation model in rabbits: effect of occluded nasal ostium on new bone formation. *Clin Oral Implants Res* 2002;13(4):405-409.
- BOYNEP. J., JAMES R.A. Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg* 1980;38(8):613-616.
- BOYNE P. J., LILLY L. C., MARX R.E., MOY PK., NEVINS M., SPAGNOLI D.B. De novo bone induction by recombinant human bone morphogenetic protein-2 (rhBMP-2) in maxillary sinus floor augmentation. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63(12):1693-1707.
- CHANVAZ M. Maxillary sinus: anatomy, physiology, surgery, and bone grafting related to implantology—eleven years of surgical experience (1979-1990). *J Oral Implantol* 1990;16(3):199-209.
- CHO S. C., WALLACE S. S., FROUM S.J., TARNOW D.P. Influence of anatomy on Schneiderian membrane perforations during sinus elevation surgery: three-dimensional analysis. *Pract Proced Aesthet Dent* 2001 ;13(2):160-163.
- COCHRAN D., OATES T., MORTON D., JONES A., BUSER D., PETERS F. Clinical field trial examining an implant with a sand-blasted, acid-etched surface. *J Periodont* 2007;78(6):974-982.
- DEL FABBRO M., TESTORI T., FRANCETTI L., WEINSTEIN R. Systematic review of survival rates for implants placed in the grafted maxillary sinus. *Int J Periodont Restor Dent* 2004;24(6): 565-577.
- DRURYG. I., YUKNA R. A. Histologic evaluation of combining tetracycline and allogeneic freeze-dried bone on bone regeneration in experimental defects in baboons. *J Periodont* 1991 ;62(11):652-658.
- DUNN C. A. JIN Q., TABA M. Jr, FRANCESCHI R.T., BRUCE RUTHERFORD R., GIANNOBILE W.V. BMP gene delivery for alveolar bone engineering at dental implant defects. *Mol Ther* 2005;11(2): 294-299.
- ELIAN N., WALLACE S., CHO S.C., JALBOUT Z.N., FROUM S. Distribution of the maxillary artery as it relates to sinus floor augmentation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20(5):784-787.
- FIORELLINI J. P., HOWELL T. H., COCHRAN D. MALMQUIST J. LILLY L.C., SPAGNOLI D. Randomized study evaluating recombinant human bone morphogenetic protein-2 for extraction socket augmentation. *J Periodont* 2005;76(4): 605-613.

GRASSI S., PIATTELLI A., DE FIGUEIREDO L.C., FERES M., DE MELO L., LEZZI G. Histologic evaluation of early human bone response to different implant surfaces. *J Periodont* 2006;77(10):1736-1743.

HAAS R., DONATH K., FODINGER M., WATZEK G. Bovine hydroxyapatite for maxillary sinus grafting: comparative histomorphometric findings in sheep. *Clin Oral Implants Res* 1998;9(2):107-116.

HATANO N., SHIMIZU Y., OOYA K. Aclinical long-term radiographic evaluation of graft height changes after maxillary sinus floor augmentation with a 2:1 autogenous bone/xenograft mixture and simultaneous placement of dental implants. *Clin Oral Implants Res* 2004;15(3):339-345.

KRENNMAIR G., ULM C. W., LUGMAYR H., SOLAR P. The incidence, location, and height of maxillary sinus septa in the edentulous and dentate maxilla. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57(6):667-671.

NEVINS M., GIANNOBILE W. V., MCGUIRE M.K., KAO R.T., MELLONIG J.T., HINRICHS J.E. "Platelet-derived growth factor stimulates bone fill and rate of attachment level gain: results of a large multicenter randomized controlled trial. *J Periodont* 2005;76(12):2205-2215.

RIFKIN B. R., VERNILLO A. T., GOLUB L.M. Blocking periodontal disease progression by inhibiting tissue-destructive enzymes: a potential therapeutic role for tetracyclines and their chemically-modified analogs. *J Periodont* 1993;64(8 Suppl): 819-827.

RODONI L. R., GLAUSER R., FELOUTZIS A., HAMMERLE C.H. Implants in the posterior maxilla: a comparative clinical and radiologic study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20(2):231-237.

ROLDAN J. C., JEPSEN S., SCHMIDT C., KNUPPEL H., RUEGER D.C., ACIL Y. Sinus floor augmentation with simultaneous placement of dental implants in the presence of platelet-rich plasma or recombinant human bone morphogenetic protein-7. *Clin Oral Implants Res* 2004;15(6):716-723.

SCARANO A., PECORAG., PIATTELLI M., PIATTELLI A. Osseointegration in a sinus augmented with bovine porous bone mineral: histological results in an implant retrieved 4 years after insertion. A case report. *J Periodont* 2004;75(8):1161-1166.

SHLOMI B., HOROWITZ I., KAHN A., DOBRIYAN A., CHAUSHU G. The effect of sinus membrane perforation and repair with Lambone on the outcome of maxillary sinus floor augmentation: a radiographic assessment. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19(4): 559-562.

SOUTHWOOD L. L., FRISBIE D. D., KAWCAK C.E., McLLWRAITH C.W. Delivery of growth factors using gene therapy to enhance bone healing. *Vet Surg* 2004;33(6):565-578.

TARNOW D. P., WALLACE S. S., FROUM S.J., ROHRER M.D., CHO S.C. Histologic and clinical comparison of bilateral sinus floor elevations with and without barrier membrane placement in 12 patients: Part 3 of an ongoing prospective study. *Int J Periodontics Restorat Dent* 2000;20(2):117-125.

TERHEYDEN H., JEPSEN S., MOLLER B., TUCKER M.M., RUEGER D.C. Sinus floor augmentation with simultaneous placement of dental implants using a combination of deproteinized bone xenografts and recombinant human osteogenic protein-1. A histometric study in miniature pigs. *Clin Oral Implants Res* 1999;10(6):510-521.

ULM C. W., SOLAR P., GSELLMANN B., MATEJKA M., WATZEK G. The edentulous maxillary alveolar process in the region of the maxillary sinus-a study of physical dimension. *Int J Oral Maxillofac Surg* 24(4):279-282.

ULM C. W., SOLAR P., KRENNMAIR G., MATEJKA M., WATZEK G. Incidence and suggested surgical management of septa in sinus-lift procedures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10(4):462-465.

VALENTINI P., ABENSUR D. Maxillary sinus floor elevation for implant placement with demineralized freeze-dried bone and bovine bone (Bio-Oss): a clinical study of 20 patients. *Int J Periodontics Restorat Dent* 1997;17(3):232-241.

VALENTINI P., ABENSUR D., DENSARI D., GRAZIANI J.N., HAMMERLE C. Histological evaluation of Bio-Oss in a 2-stage sinus floor elevation and implantation procedure. A human case report. *Clin Oral Implants Res* 1998;9(1):59-64.

VALENTINI P., ABENSUR D., WENZ B., PEETZ M., SCHENK R. Sinus grafting with porous bone mineral (Bio-Oss) for implant placement: a 5-year study on 15 patients. *Int J Periodontics Restorat Dent* 2000;20(3):245-253.

VALENTINI P., ABENSUR D. J. Maxillary sinus grafting with anorganic bovine bone : a clinical report of long-term results. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18(4):556-560.

VAN DEN BERGH J. P., TEN BRUGGENKATE C. M., DISCH F.J., TUINZING D.B. Anatomical aspects of sinus floor elevations. *Clin Oral Implants Res* 2000;11(3):256-265.

WALLACE S. S., FROUM S.J. Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review. *Ann Periodont* 2003;8(1):328-343.

WALLACE S. S., FROUM S. J., CHO S.C., ELIAN N., MONTEIRO D., KIM B.S. Sinus augmentation utilizing anorganic bovine bone (Bio-Oss) with absorbable and nonabsorbable membranes placed over the lateral window: histomorphometric and clinical analyses. *Int J Periodont Restorat Dent* 2005;25(6):551-559.

XU H., SHIMIZU Y., ASAI S., OOYA K. Experimental sinus grafting with the use of deproteinized bone particles of different sizes. *Clin Oral Implants Res* 2003;14(5):548-555.

XU, H., SHIMIZU Y., ASAI S., OOYA K. Grafting of deproteinized bone particles inhibits bone resorption after maxillary sinus floor elevation. *Clin Oral Implants Res* 2004;15(1):126-133.

XU, H., SHIMIZU Y., ONODERA K., OOYA K. Long-term outcome of augmentation of the maxillary sinus using deproteinised bone particles experimental study in rabbits. *Brit J Oral Maxillofac Surg* 2005;43(1):40-45.

XU, H., SHIMIZU Y., OOYA K. Histomorphometric study of the stability of newly formed bone after elevation of the floor of the maxillary sinus. *Brit J Oral Maxillofac Surg* 2005;43(6): 493-499.