

Préservation d'alvéole après méthodes

La préservation de l'alvéole commence par l'attitude la plus conservatrice possible au moment de l'avulsion de la dent. Différents matériaux de substitution peuvent être utilisés dans la régénération osseuse guidée, stratégie chirurgicale la plus utilisée pour la conservation du volume osseux alvéolaire.

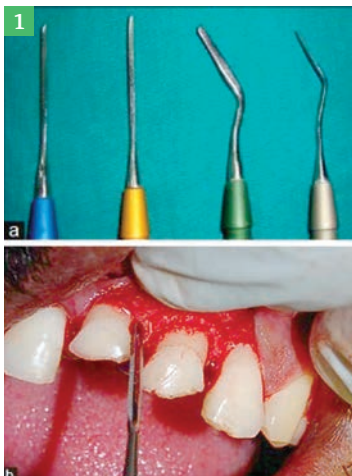
L'avulsion d'un organe dentaire est un acte très fréquent en odonto-stomatologie. La perte d'une dent a un impact direct sur la qualité de vie du patient en altérant sa capacité de mastiquer, de parler et, dans certains cas, de sourire. De plus, la cicatrisation de l'alvéole déclenche une cascade d'événements biologiques qui entraînent généralement des changements anatomiques locaux importants. Des études expérimentales et cliniques ont montré que la perte de volume osseux après l'extraction est un processus irréversible qui implique à la fois une réduction horizontale et verticale pouvant atteindre 50 % [Danan et coll., 2017]. En moyenne, la largeur de la crête osseuse peut perdre jusqu'à 4 mm alors que sa hauteur peut diminuer d'environ 2 mm [Van der Weijden et coll., 2009]. Cette perte est donc plus importante en

largeur qu'en hauteur ce qui amène le sommet de la crête en position plus palatine ou linguale. L'atrophie du massif osseux alvéolaire peut avoir un impact considérable sur le choix de la réhabilitation prothétique, en particulier lorsque des restaurations implanto-portées sont prévues. Par conséquent, les techniques de préservation de l'alvéole sont devenues un élément clé de l'odonto-stomatologie clinique contemporaine. Elles ont vu le jour depuis les années 1980 et n'ont cessé, depuis, d'être étudiées, comparées et améliorées [Avila-Ortiz et coll., 2014]. La notion de préservation signifie empêcher l'altération de l'os alvéolaire. Il paraît donc logique d'appliquer cette méthode lors de la toute première étape clinique, l'extraction dentaire. Ainsi, la préservation de l'alvéole commencera, pour le praticien, par l'attitude la plus conservatrice possible au moment de l'avulsion de la dent [Tan et coll., 2012].

1) PRÉSERVATION DU VOLUME OSSEUX INITIAL : L'AVULSION ATRAUMATIQUE

L'extraction atraumatique constitue donc la première étape clinique pour une préservation de crête alvéolaire. Cet acte classique a été réalisé de la même manière pendant plusieurs décennies. L'implantologie et le souci de conservation de l'os qui en découle ont amené une nouvelle réflexion sur la manière de le réaliser. Des études ont montré que

Fig.1a : Exemples de périotomes manuels. Fig.1b : Axe d'insertion de la lame du périotome manuel (figure de Mohan et coll., 2013).



l'auteur

Dr Stéphanie MARIE-ALPHONSINE

• Centre de santé dentaire Hygident, centre commercial Océanis
97231 Le Robert (Martinique) - @ : steph.marie.alphonsine@gmail.com



en collaboration avec

Pr Daniel CHAPPARD

- Doctorats d'État en médecine (1979) et ès sciences en génie biologique et médical (1992)
- Pr des universités et praticien hospitalier (CHU et faculté de médecine d'Angers)
- Directeur de l'unité Inserm u922 (2003-2012) puis de l'unité de recherche Gerom, groupe d'études sur le remodelage osseux et les biomatériaux (depuis 2012)
- Directeur du LabCom NextBone ANR
- Co-organisateur du diplôme d'université Tissus calcifiés et implantologie dentaire
- Expert auprès des ministères de la recherche autrichien, belge et roumain
- 498 publications (299 indexées sur PubMed h-index = 52)
- Ouvrages : *L'ostéoporose, mieux la connaître pour mieux la traiter* (Wolters Kluwer, 2009), *Tissu osseux et biomatériaux en chirurgie dentaire* (Quintessence, 2014).



Dr Bernard GUILLAUME

- Doctorat d'État en médecine (CHU Saint-Antoine à Paris - 1981)
- CES en stomatologie et chirurgie maxillo-faciale (1983)
- Assistant hospitalier en stomatologie et chirurgie maxillo-faciale
- Qualifié en chirurgie maxillo-faciale (1985)
- DU : Biomatériaux tissus calcifiés et implantologie dentaire, faculté de médecine d'Angers (1998)
- Membre de l'unité de recherche Gerom, groupe d'études sur le remodelage osseux et les biomatériaux, faculté de médecine (Angers - 2000)
- Président fondateur du Collège français d'implantologie
- Co-organisateur du DU : Tissus calcifiés et implantologie dentaire
- Expert près la cour d'appel de Paris, de la cour administrative d'appel de Paris et Versailles
- Médecin stomatologue agréé à l'Unesco
- Expert à l'Agence française de lutte contre le dopage et auprès de l'AFFSSASP
- Auteur de 50 publications et de 2 ouvrages : *Les implants dentaires* (Elsevier, 2011), *Tissu osseux et biomatériaux en chirurgie dentaire* (Quintessence, 2014).

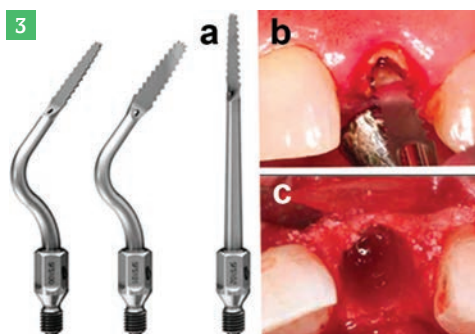


Cet article correspond au meilleur mémoire réalisé dans le cadre du DU Tissus calcifiés et implantologie dentaire de l'université d'Angers, UFR de santé, au cours de l'année 2017-2018.

extraction : et comparaison



Fig.2a : Kit Exo Safe d'Anthogyr.
Fig.2b : Axe d'utilisation de l'Exo Safe (figure de Verdino et coll., 2015).
Fig.3a : Inserts soniques de différentes configurations du kit SIBS de Komet. Fig.3b : Découpe d'une racine à l'aide d'un insert sonique. Fig.3c : Alvéole intacte suite à une avulsion avec le kit SIBS Komet (figure de Papadimitriou et coll., 2012).



la résorption osseuse post-extractionnelle provient en grande partie du traumatisme osseux par compression durant l'élévation de la dent à extraire. Ce traumatisme entraîne une ischémie transitoire et le processus cicatriciel s'en retrouve retardé [Fickl et coll., 2008, Fickl et coll., 2008, Nefussi 2011]. Afin d'éviter cette compression traumatique ou la destruction des tables osseuses vestibulaires et/ou linguales/palatines, plusieurs systèmes ont été éprouvés.

A) Les périotomes manuels

L'utilisation du périotome a été la première technique utilisée. Cet instrument manuel long et fin s'introduit entre la racine dentaire et la table osseuse et progresse petit à petit vers l'apex en déchirant sur son passage les fibres desmodontales. Il peut s'utiliser également avec un maillet, en progressant par à-coups ; (Fig.1). En plus d'être une technique extrêmement chronophage, elle est surtout très mal supportée par les patients en raison de la longueur du temps opératoire et surtout du ressenti désagréable de ces à-coups [Mohan et coll., 2013, Sharma et coll., 2015].

B) Exo Safe d'Anthogyr

Une alternative à la méthode manuelle stricte est décrite avec un périotome motorisé, Exo Safe du laboratoire Anthogyr [Verdino et coll., 2015]. Les lames de périotome sont montées sur une pièce à main compatible avec les moteurs d'implantologie ou des unités dentaires. Le mouvement de percussion automatisé est progressif et maîtrisé et l'opérateur doit juste veiller à son positionnement le long de l'axe de la racine ; (Fig.2).

C) La sono-chirurgie

Deux cas d'avulsion de racines antérieures (incisives et canines) ont été décrits avec des instruments soniques spécifiques : le kit SIBS (Sonic Instruments for Bone Surgery) qui

s'utilise avec la pièce à main sonique SF1LM du laboratoire Komet [Papadimitriou et coll., 2012] ; (Fig.3). La technologie sonique produit une haute fréquence de vibrations (6kHz) ce qui lui confère précision et efficacité de coupe tout en préservant les tissus mous adjacents. C'est son avantage le plus important. Ce système semble donc indiqué pour les dents pluri-radiculées. La présentation des cas cliniques montre la préservation des parois vestibulaires et palatines, ainsi que des tissus mous environnants après les différentes avulsions. Les auteurs concluent que les instruments soniques sont une solution fiable pour réaliser une intervention atraumatique. Les inconvénients majeurs de la technique résident dans un temps opératoire trois à quatre fois plus long qu'avec une fraise classique et l'existence d'un risque de fracture de l'instrument en cours d'utilisation. Une élévation de température est également observée au niveau des tissus manipulés et l'on connaît le rôle délétère d'une élévation thermique sur l'os [Feuerstoss 2017].

D) La piézo-chirurgie

La piézo-chirurgie voit ses indications prendre de l'ampleur dans la médecine actuelle. Ce sont ses propriétés d'incisions sans saignement, entre autres, qui ont amené cette technologie dans l'art dentaire. L'instrumentation se compose d'une pièce à main piézoélectrique et d'inserts ultrasonores qui permettent la découpe des tissus mous et du tissu osseux. Ils sont utilisés à une fréquence variant entre 20 et 32 kHz ; (Fig.4). La technique est la suivante : [Blus et coll., 2010] sans syndesmotomie manuelle préalable, les inserts ultrasonores sont amenés au travers du sulcus gingival dans le desmodonte, entre la racine et la paroi alvéolaire. La découpe des fibres est réalisée jusqu'à 10 mm ou plus en direction apicale. À ce stade, une extraction atraumatique est réalisée, car aucune pression exagérée n'est appliquée sur les parois alvéolaires et la conservation de l'architecture de celle-ci est visible à

l'œil nu. Les auteurs attirent l'attention sur l'hémorragie minimale observable après avulsion par piézochirurgie. Il demeure, cependant, une suspicion concernant une éventuelle surchauffe de l'os avec l'utilisation d'inserts ultrasonores qui constituerait l'inconvénient majeur de la technique. Cependant, les auteurs ne rapportent aucune complication, suggérant une thermonécrose minime sans menace pour l'intégrité osseuse. Selon les auteurs, cette méthode serait particulièrement pertinente et atraumatique lorsque les dents ou les racines cariées sont trop fragiles pour être extraites sans se fracturer. Les dents ankylosées peuvent également être séparées de l'os en un seul bloc. Par conséquent, les procédures chirurgicales invasives qui nécessitent par la suite une greffe osseuse et une chirurgie plastique parodontale avant la mise en place de l'implant peuvent être évitées. Les auteurs rapportent que le seul inconvénient de cette méthode est le temps nécessaire pour visser les inserts. En somme, des études comparant la coupe osseuse avec des instruments rotatifs par rapport aux inserts de piézochirurgie ont montré que ceux-ci fournissent une coupe osseuse plus propre et de meilleures conditions pour la cicatrisation osseuse.

E) Les Physics Forceps de GoldenDent

Des études ont montré que la zone la plus fragile durant l'avulsion, et qui est sujette à la résorption la plus importante après chirurgie, reste la table osseuse vestibulaire [Masaki et coll., 2015]. Nazarian a rapporté son expérience sur une méthode d'avulsion atraumatique, très simple et rapide, grâce au Physics Forceps [Nazarian 2011]. Il s'agit d'une « pince » spéciale avec des mors asymétriques, d'un côté en forme de « bec » et de l'autre en forme de « pare-choc » surmontée d'un capuchon en silicone ; (Fig.5). La technique d'avulsion avec cet instrument est la suivante : le « bec » est placé au niveau de la jonction énamélo-cémentaire de la face palatine/linguale tandis que le « pare-choc » est placé sur la paroi vestibulaire, approximativement à la jonction entre la gencive attachée et la muqueuse buccale. L'opérateur va doucement appliquer une force lente, modérée et régulière avec le poignet, sans serrer la pince, tel un levier de classe I pour désinsérer la dent de son alvéole, le « pare-choc » faisant office de pivot. Le « pare-choc » sert à limiter la déformation, voire la fracture de la table osseuse vestibulaire. Une fois la traction assez conséquente pour détruire

la totalité des fibres desmodontales, l'opérateur ressent un « pop » qui signe la luxation de la dent. Il peut alors la recueillir, complètement désolidarisée de l'os, avec un davier ou même une précelle. Un cas d'avulsion d'arcade complète est décrit dans l'article. Les Physics Forceps peuvent être utilisés au maxillaire comme à la mandibule, pour les molaires comme pour les dents mono ou bi-radiculées. En présence de racines divergentes, une séparation classique de racines est à prévoir en amont. Les rares contre-indications sont les racines ankylosées et la présence d'une atteinte carieuse infra-osseuse empêchant le bon positionnement du bec.

F) Le système Easy X-Trac

Le système Easy X-Trac de A. Titan Instruments, décrit par Hornig et Offerman, utilise la traction de la racine dans son axe longitudinal par le biais d'une pince à écrou [Hornig et coll., 2007] (https://s3.amazonaws.com/atitan/resources/pdfs/000/000/004/original/Easy_Xtrac_Back.pdf?1473171494) ; (Fig.6). La manipulation nécessite une préparation du canal afin de permettre la mise en place par vissage d'un tenon spécifique. La tête du tenon est tractée verticalement par une pince spécifique à chaque tour de l'écrou postérieur. La pince est stabilisée sur une empreinte sectorielle repositionnée en silicone putty sur les dents bordant le site d'avulsion [Babbush 2007]. Il est mentionné que ce système a été utilisé uniquement sur des dents monoradiculées ou bi-radiculées. Les contre-indications sont donc les avulsions de molaires sans séparation des racines préalable, les avulsions de racines très courbées et de racines ankylosées.

G) Le système Neodent

Une extraction atraumatique est réalisable avec l'extracteur dentaire Neodent [Tavarez et coll., 2013]. On réalise une légère syndesmotomie, ensuite le canal radiculaire est alésé jusqu'à l'obtention du diamètre adéquat pour l'insertion d'un tenon de traction ; (Fig.7). Le tenon est serré à l'aide d'une clé manuelle. Une fois solidaire de la racine, un câble en acier est accroché au tenon et l'autre extrémité de ce câble est placée sur le corps de l'extracteur, retenue par des encoches. Le plateau de l'extracteur est placé sur les dents adjacentes à la zone opératoire ou sur une empreinte sectorielle en silicone putty repositionnée. L'axe du câble doit être dans le prolongement de l'axe radiculaire. La racine est lentement tractée à chaque tour de la mollette située en bout de l'extracteur. La traction appliquée a

Fig4a : Inserts de piézochirurgie.

Fig4b : Récupération de la racine à l'aide d'une précelle (figure de Blus et coll., 2010). Fig.5a : Principe de la force de levier à appliquer doucement.

Fig.5b : Positionnement du Physics Forceps (figure de Nazarian, 2011 et createSmiles.com). Fig.6a : Pince Easy X-Trac.

Fig.6b : Mise en place de la pince Easy X-Trac (figure de Hornig et coll. & atitan.com).

Fig.7a : Positionnement de la broche de traction Neodent. Fig.7b : Traction de la racine (figures de Tavarez et coll., 2013).

pour conséquence de rompre les fibres desmodontales et de dégager lentement la racine de son alvéole. Il ne reste plus qu'à la récupérer avec un davier, une pince gouge ou même une précelle.

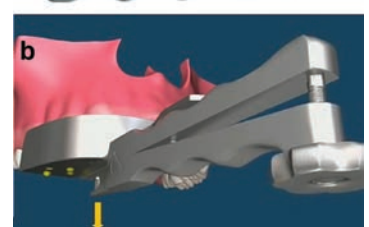
H) Système Benex Extractor

Une technique similaire au système précédent peut être réalisée avec Benex Extractor [Muska et coll., 2013] ; (Fig.8). La mise en œuvre est identique au système précédent. Les indications de ce système de traction verticale sont les cas d'avulsions de racines unitaires, dans les secteurs antérieurs ou les cas d'avulsions de molaires à racines non courbes avec au préalable une séparation de racine. Nous avons précédemment mentionné plusieurs techniques d'avulsion jugées atraumatiques par les différents auteurs. Il n'existe malheureusement pas dans la littérature de comparaison rationnelle et objective entre ces méthodes. Le caractère atraumatique réside uniquement dans le jugement des auteurs et les critères de qualification semblent être principalement visuels. Suite à une avulsion, une alvéole dentaire cicatrise généralement sans problème. Après avoir constaté le défaut osseux important résultant de la cicatrisation naturelle, la réflexion scientifique a conduit à la proposition de combler l'espace laissé vacant par la racine pour contrer ce processus irrémédiable et préserver un volume osseux éligible à l'implantation tout en réduisant le besoin de greffes complémentaires [Avila-Ortiz, Elangovan, Kramer, Blanchette and Dawson 2014].

II) LES PROTOCOLES CLINIQUES DE PRÉSERVATION ALVÉOLAIRE

Les auteurs scientifiques décrivent trois méthodes cliniques conduisant à la conservation du volume osseux alvéolaire :

- le comblement de l'alvéole avec un biomatériau se substituant à l'os,
- l'isolation de l'alvéole par une



membrane, permettant une colonisation par les cellules osseuses naturelles du patient tout en la protégeant de l'invagination des tissus mous,

- la combinaison de ces deux techniques : la régénération osseuse guidée (ROG).

À l'heure actuelle, la régénération osseuse guidée est la stratégie chirurgicale la plus utilisée [Danan, Kruk, Chevalier, Cherkaoui, Dancheva and Bensaïd 2017, Frydman 2015]. La technique de préservation alvéolaire n'est autre qu'une régénération osseuse guidée appliquée à une alvéole post-extractionnelle. Le protocole clinique complet se déroule de la façon suivante :

- avulsion atraumatique,
- révision alvéolaire : ablation des tissus granuleux et fibres desmodontales, certains auteurs pratiquent également une irrigation aux antibiotiques,
- dégagement parodontal du site alvéolaire partiel ou total,
- comblement de l'alvéole avec le biomatériau choisi qui doit occuper complètement le volume vacant, sans compression ; (Fig.9),
- apposition d'une membrane,
- fermeture primaire directement avec le lambeau gingival ou stabilisation de la membrane par des points de suture.

La phase d'avulsion alvéolaire ayant été détaillée dans le paragraphe précédent, intéressons-nous maintenant aux biomatériaux nécessaires à la réalisation de cette thérapeutique.

A) Les biomatériaux de comblement osseux

Le but de la préservation alvéolaire est de conserver une architecture osseuse en trois dimensions. Celle-ci permettra ensuite la pose d'un implant ou d'une prothèse et optimisera leur intégration fonctionnelle et esthétique. Le biomatériau aura pour mission de combler, certes l'espace mais aussi d'initier et de favoriser la reformation d'os alvéolaire de l'hôte dans un délai compatible avec une prise en charge clinique globale. Le matériau idéal de comblement devrait donc posséder les propriétés suivantes :

- l'ostéoinduction, c'est-à-dire la stimulation locale de la prolifération et/ou de la différenciation cellulaire,
- l'ostéoconduction, le biomatériau doit créer une « armature » supportant les cellules ostéoprogénitrices puis permettre son remplacement total par les cellules du remodelage osseux,
- l'ostéogénèse, c'est la capacité, intrinsèque à la composition du biomatériau,

d'initier la création osseuse,

- la résistance mécanique qui doit se rapprocher au maximum de celle de l'os alvéolaire bordant le site greffé [Horowitz et coll., 2012, Yamada et coll., 2018]. Il existe une multitude de matériaux de substitution osseuse. La classification suivante, détaille les plus communément rencontrés dans la discipline odontologique [Chai et coll., 2011].

1. LES SUBSTITUTS OSSEUX D'ORIGINE NATURELLE

a - L'autogreffe ou l'os autogène

Il s'agit de l'os du patient lui-même, il peut être prélevé sur des sites extra ou intra-oraux [Guillaume 2014]. Les sites extra-oraux sont peu à peu écartés de la pratique odonto-stomatologique suite à la morbidité importante du patient (douleurs) et à des complications postopératoires importantes liées à la perte sanguine, au risque infectieux ou au risque potentiel de fracture ou d'atrophie de la zone prélevée (os pariétal, crête iliaque...). À l'étape de prélèvement s'ajoute également un coût supplémentaire à l'intervention non négligeable [Dahlin et coll., 2011]. Les sites intra-oraux sont de nos jours privilégiés et sont la symphyse mentonnière, le ramus mandibulaire et la tubérosité maxillaire. Il existe tout de même des risques de suites postopératoires selon la zone prélevée (douleurs), de complications infectieuses (ostéites), de préjudice esthétique (menton) ou de séquelles neurologiques (ramus), de plus, les volumes prélevés restent limités [Danan, Kruk, Chevalier, Cherkaoui, Dancheva and Bensaïd 2017]. L'os autogène reste le « gold standard » des substituts osseux car il réunit toutes les propriétés citées précédemment en plus d'être totalement biocompatible. Dans le cadre de la préservation du volume osseux après avulsion, le prélèvement peut se présenter sous forme d'un bloc d'os cortico-trabéculaire, d'os trabéculaire ou cortical uniquement correspondant au défaut osseux suite à l'avulsion ou au volume de l'alvéole. Cependant, la réalité de la persistance de cellules vivantes dans le greffon peut être discutée [Guillaume et coll., 2009].

b - L'allogreffe ou os allogène

L'os allogénique provient d'un donneur de la même espèce que le receveur, il est donc d'origine humaine et est collecté par des banques d'os. Sa provenance soulève cependant le problème de l'immuno-compatibilité. Pour limiter le phénomène de rejet et de contamination, ce substitut peut donc être purifié pour

Fig.8a : Avulsion atraumatique

avec le système *Benex Extracto* : le système de traction. Fig.8b : Mise en place de la broche de traction (figures de Muska et coll., 2013 & benex-dent.com). Fig.9.a : Biomatériau comblant l'alvéole, technique « flapless » (figures de Frydman, 2015). Fig.9b : Exemple de « flapped » technique. Fig.9c : Après suture (figures de Barone et coll., 2014).



pouvoir être accepté par le receveur. Les différents traitements de purification vont donner naissance à une classification de ces substituts allogéniques :

- le *Freezed-Dried Bone Allograft* ou *FDBA* : allogreffe osseuse lyophilisée,
- le *Demineralized Freezed-Dried Bone Allograft* ou *DFDBA* : allogreffe osseuse lyophilisée et déminéralisée.

L'échantillon recueilli va subir plusieurs traitements chimiques dans le but de réaliser une inactivation virale, une délipidation, une lyophilisation et enfin une radio-stérilisation aux rayons γ pour le *DFDBA*. Le *DFDBA* va subir une étape supplémentaire de déminéralisation chimique. Cependant, suite à la perte de sa matrice minérale le *DFDBA* perd également en résistance mécanique par rapport au *FDBA*. Ces substituts sont conditionnés sous forme de poudre, de blocs, copeaux ou de lamelles selon les laboratoires. Ils sont ostéoconducteurs et résorbables ce qui en fait des matériaux de choix. Leur avantage réside dans le fait qu'ils ne nécessitent pas de second site opératoire [Danan, Kruk, Chevalier, Cherkaoui, Dancheva and Bensaïd 2017]. Cependant, ces substituts allogéniques présentent un risque de contamination limité certes, mais existant. Exemple : *Greffon BIOBank*, *Phoenix* de *TBF Génie Tissulaire*, *Grafton* de *BioHorizons* (<http://www.biobank.fr/wp-content/uploads/2018/01/9-01-BT1-Brochure-TechniqueDentaire.pdf>). Il faut aussi rappeler que l'os provient le plus souvent de têtes fémorales de sujets arthrosiques ayant une arthroplastie de hanche. Cet os est par définition de mauvaise qualité et tous les traitements proposés par l'industrie pour le nettoyage de la matrice osseuse entraînent des altérations de la phase minérale ou collagénique de l'os [Dumas et coll., 2006].

c - La xénogreffe ou l'os xénogénique

L'os xénogénique provient d'un donneur d'une espèce différente. Il existe actuellement sur le marché des greffons préparés avec de l'os trabéculaire d'origine bovine, équine ou porcine, voire corallienne ou issue de céphalopodes (seiche). L'origine

bovine est la plus fréquemment utilisée. Ce sont des composés ostéoconducteurs avec des propriétés biomécaniques quasiment identiques à l'os humain. Il existe également un risque très faible de contamination par virus ou prions. Leur traitement est similaire à celui des allogreffes. Par exemple : *CopiOs* de *Zimmer Dental*. Le cas du *Bio-Oss* de *Geistlich Pharma* est particulier car il combine des étapes de purification à une étape de calcination incomplète. Il comporte une quantité notable d'os cortical mélangé à l'os trabéculaire [Arbez et coll., 2018]. Nous ne détaillerons pas les coraux et l'os de seiche car ces matériaux sont abandonnés suite à une inconstance des résultats cliniques obtenus [Schwartz 2010].

2. LES SUBSTITUTS D'ORIGINE SYNTHÉTIQUE OU SUBSTITUTS ALLOPLASTIQUES

a - Les phosphates de calcium

Il s'agit de céramiques bioactives et leur intérêt vient des échanges entre les cellules et les fluides biologiques. Leur composition chimique est proche de la phase minérale du tissu osseux humain. Nous retrouvons plus fréquemment deux sortes dans la littérature :

- **Les hydroxyapatites synthétiques (HA).** L'HA synthétique est très peu ostéconductrice, faiblement, voire non résorbable et biocompatible. La forme poreuse est la plus utilisée pour faciliter l'envahissement par les cellules osseuses. Elle est contre-indiquée en implantologie et plusieurs marques sont peu à peu retirées du commerce. Par exemple : Biostite (Ndlr : toujours en vente mais sa production a été arrêtée).
- **Les phosphates tricalciques : α -TCP et β -TCP.** Les céramiques à base de phosphate tricalcique ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) ont intéressé les biologistes depuis presque un siècle du fait de leurs propriétés mécaniques et de leur composition chimique proches de celles de la phase minérale osseuse et de l'émail dentaire. L' α -TCP n'est utilisé que dans les ciments hydrauliques car il est hautement résorbable ; le β -TCP est plus stable, il est ostéconducteur mais non ostéoinducteur. En odontologie, la forme β du TCP sous forme granulaire est la plus utilisée. C'est un matériau parfaitement biocompatible, ostéoconducteur qui déclenche une ostéogenèse rapide avec peu d'inflammation sur le site greffé ; (Fig.10). C'est également un matériau biorésorbable et la réalisation de formes à haute porosité favorise la colonisation vasculaire et osseuse [Chappard et coll., 2010, Chappard et coll., 2015, Guillaume 2017, Masaki, Nakamoto, Mukaibo, Kondo and Hosokawa 2015]. Par exemple : TCP Dental HP de Kasios, Biosorb, Calciresorb, Ceros, Cerasorb.

b - Le Sulfate de calcium (CS)

Il s'agit du gypse ou plâtre de Paris (CaSO_4). Il présente une faible résistance mécanique, une résorption très rapide et aucune propriété ostéoconductrice. Il n'est plus utilisé seul par les praticiens suite aux réactions inflammatoires importantes qu'il peut générer et sa résorption trop précoce [Intini et coll., 2007].

c - Les céramiques biphasées

Il s'agit d'un mélange d'hydroxyapatite et de β -TCP dont le ratio varie selon les laboratoires. Par exemple : Ceraform et MBCP.

3. LES POLYMÈRES

a - Les ciments acryliques

Conçus à partir de poly(méthylméthacrylate)

et de poly(2-hydroxyéthylméthacrylate) et associés à de l'hydroxyde de calcium, ils auraient des propriétés ostéoconductrices et ils sont hydrophiles. Ils sont peu évoqués dans la littérature. On rapporte une cytotoxicité importante ce qui peut aller à l'inverse de l'effet recherché avec encapsulation fibreuse car les méthacrylates sont biotolérés et non biocompatibles [Masaki, Nakamoto, Mukaibo, Kondo and Hosokawa 2015].

b - Les polyesters aliphatiques

Ce sont des dérivés d'acide lactique et/ou glycériques : polylactique acid (PLA), polyglycolic acid (PGA) ou copolymère des deux (PLGA), très peu relatés dans la littérature odontologique également. Leur dégradation sous forme d'acide lactique (ou glycolique) génère des composés pro-inflammatoires [Athanasiau et coll., 1996].

4. LES SUBSTITUTS COMPOSITES

Les substituts composites allient une phase inorganique phosphocalcique (HA, β -TCP, CS,...) à une phase organique telle que du collagène, de la chondroïtine sulfate, des protéines du remodelage osseux telles que l'ostéogénine, la Bone Morphogenetic Protein 2 (BMP-2), etc. Cette phase organique leur confère une biocompatibilité accrue et augmente leur pouvoir ostéogénique. Ils ont une résistance biomécanique permettant leur utilisation dans des zones de contraintes de faible étendue. Selon le procédé de fabrication et la nature des composants, le potentiel ostéoconducteur est très variable mais présent. Leur origine est multiple :

- **synthétique** (exemple : Pcpge P-15),
- **bovine et/ou porcine** (exemple : Bio-Oss Collagen, Calciresorb-Collagen).

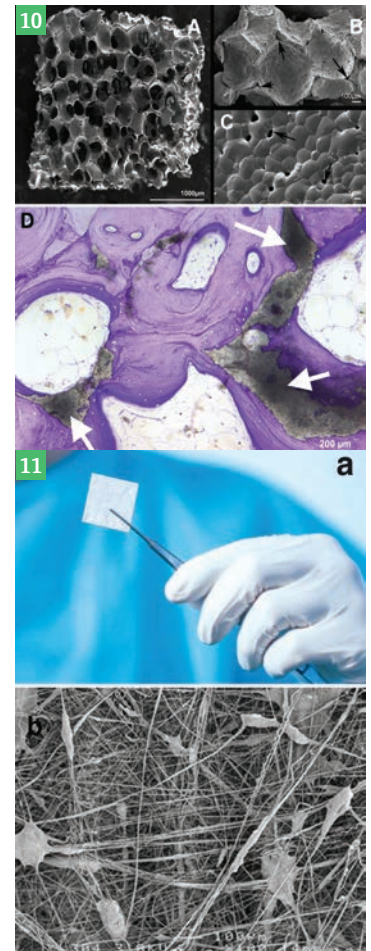
Certains de ces substituts sont encore en phase de test. Les chercheurs testent de plus en plus de combinaisons différentes, les substituts osseux à matrice cristalline servent d'échaudage (conservation du volume et propriété de résistance à la pression) et ils y ajoutent un composé organique initiateur de la migration cellulaire (ostéoinduction). Il est donc ardu d'en faire une liste complète.

B) Les membranes, barrières cellulaires et mainteneurs d'espace

L'utilisation d'une membrane se fonde sur la découverte de la compétition cellulaire qui s'initie suite à une avulsion, entre les cellules épithélio-conjonctives et les cellules ostéoprogénitrices. En effet, la croissance cellulaire du tissu gingival est plus rapide que la croissance

des cellules osseuses. Il est donc nécessaire de maintenir l'espace à l'aide d'une barrière pour favoriser la néoformation de l'os. Ainsi, la membrane a vu le jour. Cette technique est d'ailleurs privilégiée par un très grand nombre d'auteurs dans les cas de préservation alvéolaire [Danan, Kruk, Chevalier, Cherkaoui, Dancheva and Bensaïd 2017, Frydman 2015, Hämmerle et coll., 2012]. Il existe deux types de membranes :

Fig.10a : Aspect en microscopie électronique à balayage d'un bloc de β -TCP à haute porosité (TCP Dental HP). Ces blocs concassés permettent de produire des granules après tamisage. Fig.10b : La macroporosité d'un granule est retrouvée de même que la porosité interne (flèches). Fig.10c : À fort grossissement, un pavage grossièrement hexagonal caractéristique est observé à la surface du biomatériau et favorise l'ancrage des cellules osseuses. Une microporosité de surface est observée (flèches). Fig.10d : Après implantation, le β -TCP est en grande majorité résorbé et une partie est véritablement ostéointégrée (flèches) et fait partie du tissu osseux (figures Gerom, D. Chappard). Fig.11a : Membrane collagénique résorbable (figure Geistlich Pharma). Fig.11b : Membrane à base de PLGA, Tisseos (Biomedical Tissues, Nantes, France) en microscopie électronique à balayage (figure Gerom, B. Arbez).



Par exemple : Cytoplast de BioHorizons.

2. LES MEMBRANES RÉSORBABLES

Leur composition varie selon leur origine, elles se composent de :

- **polymère PGLA pour les biomatériaux synthétiques,**
- **collagène pour les biomatériaux xénogéniques** (origine bovine, porcine ou équine).

Les membranes biorésorbables permettent d'éviter une seconde intervention chirurgicale contrairement aux membranes non résorbables. Elles favorisent une vascularisation plus rapide et sont indiquées pour les défauts osseux de petite étendue [Danan, Kruk, Chevalier, Cherkaoui, Dancheva and Bensaïd 2017]. Exemple : Bio-Gide de Geistlich, Ossix Plus de DatumDental, Cova MAX de Biotech Dental, Tisseos de Biomedical Tissues, Vicryl d'Ethicon ; (Fig.11). Il a été rapporté que l'utilisation d'une membrane résorbable lors d'une préservation d'alvéole augmenterait la hauteur de la crête osseuse après cicatrisation [Masaki, Nakamoto, Mukaibo, Kondo and Hosokawa 2015]. De plus, leur utilisation n'apporterait pas plus de complications postopératoires (infection, exposition du greffon ou de la membrane).

C) *La gestion du parodonte*

Suite à la mise en place des biomatériaux de ROG, la question de la gestion des tissus gingivaux se pose. Faut-il absolument « fermer » l'alvéole ? Si oui, la gencive native du patient ou une membrane est-elle suffisante ? La littérature scientifique est partagée concernant ce point. Il y a d'un côté les partisans de la fermeture primaire complète [Hämmerle et coll., 2012] et de l'autre ceux qui affirment que l'affleurement d'une membrane, collagénique préférentiellement, permet d'obtenir le même résultat avec moins de complications postopératoires telles que des douleurs ou des risques d'exposition du site greffé.

1. LA TECHNIQUE « FLAPPED » OU « FLAPLESS »

De cette bataille, se dégagent deux techniques :

- la « flapless technique » : elle ne nécessite qu'une incision gingivale verticale sulculaire et un décollement muco-périoste à minima sur 2 ou 3 mm de la gencive attachée vestibulaire et linguale/palatine,
 - la « flapped technique » : nécessite une incision sulculaire vestibulaire et linguale, deux incisions vestibulaires de décharge en mésial et distal, à distance du site opératoire puis un décollement du lambeau de pleine épaisseur pour un dégagement complet du site opératoire.
- Toutefois, tous ces auteurs se rejoignent sur une précision importante, quelle que soit la technique choisie, il est primordial qu'il n'y ait aucune traction ni compression au niveau du site alvéolaire traité [Barone et coll., 2014].

2. LES SUTURES

De la nécessité d'éviter la traction sur la crête découle directement le choix des sutures appliquées et également le choix du type de fil utilisé, bien qu'il n'y ait aucune étude clinique rationnelle à ce sujet. Les partisans de la fermeture complète prônent les sutures matelassées avec un fil non résorbable tandis que les autres procèdent à une stabilisation de la membrane et de la gencive attachée. Pour ce faire, ils utilisent soit directement un fil non résorbable en points séparés ou bien un fil résorbable pour fixer la membrane sur la face interne du lambeau, puis des points séparés non résorbables en externe [Frydman 2015, Hämmerle, Araújo, Simion and Group 2012]. Selon le Dr Frydman, il faudrait éviter le recouvrement gingival complet par des points séparés pour ne pas déplacer la ligne muco-gingivale.

D) *Cas particulier de l'implantation immédiate*

Certains auteurs élisent la pose d'un implant dans l'alvéole immédiatement après l'avulsion au rang de thérapeutique de conservation du volume osseux alvéolaire, au même titre qu'une greffe ou qu'une ROG [Blus and Szmukler-Moncler 2010]. Cette procédure prétend réduire la perte osseuse horizontale et maintenir la présence de la papille gingivale pour un résultat esthétique optimisé. Ces objectifs sont peut-être atteints à court terme mais ils ne perdurent pas sur le long terme. L'implantation serait effectuée, dans notre suite clinique, après la révision alvéolaire. La position de forage pour le futur implant doit se faire dans un axe qui ne suit pas celui de l'alvéole pour une conservation de crête optimale. En effet, un axe de forage déporté en palatin d'environ 5° par rapport à l'axe de la racine doit être utilisé pour éviter de compromettre ou de perforer la paroi vestibulaire. De plus, il faut conserver un espace minimal de 2 mm entre la paroi vestibulaire de la crête osseuse et le bord vestibulaire de l'implant, toujours dans un souci de limitation de la résorption alvéolaire post-extractionnelle. Dans le cas contraire, cette résorption vestibulaire pourrait aboutir à un affleurement des spires de l'implant et donc un échec thérapeutique et esthétique, s'il s'agit d'un cas antérieur. Pour réaliser le forage, ils recommandent de faire une encoche au tiers apical de la paroi palatine/linguale de l'alvéole, procédure qui se fait « à l'aveugle » avec un set de piézetomes car cette manœuvre est délicate. Classiquement, les praticiens utilisent une fraise ou un foret pour réaliser ce marquage. Ces instruments ne confèrent pas une stabilité suffisante lors de ce marquage et il a été rapporté de nombreux « dérapages » à l'intérieur des alvéoles. Une entaille adéquate à l'endroit désiré est plutôt difficile à réaliser. Souvent, la visibilité nécessaire avant de faire le pointage fait défaut. L'axe de l'implant est souvent incorrect et nécessite une rectification. Le positionnement du matériau de comblement et de la membrane se ferait autour de l'implant s'il y a une nécessité.

III) COMPARAISON DES DIFFÉRENTS SUBSTITUTS OSSEUX ET DISCUSSION

Nous avons pu découvrir la multitude de combinaisons possibles quant au choix du protocole clinique et des biomatériaux à appliquer pour préserver l'os

alvéolaire après avulsion. Depuis l'émergence de cette thérapeutique, les auteurs ont élaboré plusieurs essais, études expérimentales afin de déterminer quelle était la meilleure approche pour une conservation osseuse optimale.

1) *Étude quantitative*

Le premier critère de comparaison exploité a été la quantité d'os objectivement formée après une technique de préservation d'alvéole. Les différents auteurs sont tous arrivés à la même conclusion, après avoir mesuré verticalement et horizontalement des crêtes cicatrisées. Il n'y a pas de substitut osseux capable de reformer une crête égale à son volume initial. Quel que soit le biomatériau testé, la cicatrisation s'accompagne toujours d'une perte osseuse en hauteur et en largeur. Cependant, tous les auteurs s'accordent sur le constat qu'une technique de préservation permet de limiter significativement ce phénomène. Les mesures osseuses effectuées sur des alvéoles comblées ou greffées étaient toujours supérieures à celles effectuées sur des alvéoles naturellement cicatrisées ; (Fig.12). Par contre, les mesures effectuées dans le but de comparer deux biomatériaux n'ont pas donné de différences significatives [Avila-Ortiz, Elangovan, Kramer, Blanchette and Dawson 2014, Festa et coll., 2013, Hämmerle, Araújo, Simion and Group 2012, Horowitz, Holtzclaw and Rosen 2012, Masaki, Nakamoto, Mukaibo, Kondo and Hosokawa 2015, Ten Heggeler et coll., 2011, Vignoletti et coll., 2012].

2) *Étude qualitative*

Les études histologiques ont concerné la qualité de l'os formé avec détermination du ratio entre l'os néoformé et la quantité résiduelle de biomatériau. Elles nous renseignent sur la capacité de résorption des substituts utilisés. Il a été montré que les greffes autogènes et allogéniques sont les substituts naturels ayant le plus fort taux de conversion. Les substituts xéno-géniques induisent la formation osseuse mais se résorbent plus lentement [Masaki, Nakamoto, Mukaibo, Kondo and Hosokawa 2015]. D'autres études ont rapporté des résultats contradictoires ne permettant pas de statuer clairement sur la question [Horowitz, Holtzclaw and Rosen 2012].

3) *Étude de la densité osseuse*

Dans une étude, le type de densité osseuse de l'os nouvellement formé après une ROG a été testé avec 13 substituts commerciaux, de différentes catégories [Traini et coll., 2015]. En comparant les résultats avec la densité de l'os natif

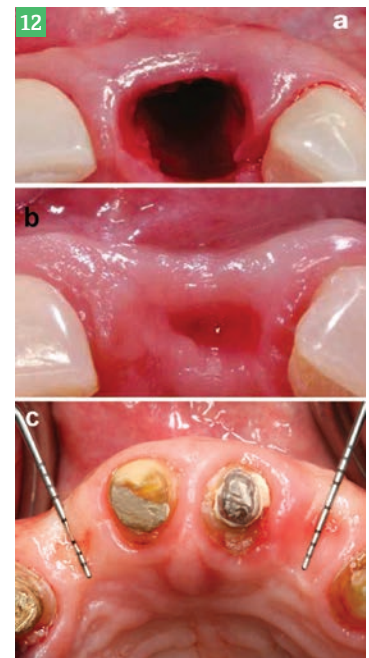


Fig.12a : Vue d'une alvéole après avulsion. Fig.12b : Cicatrisation naturelle de l'alvéole et dépression vestibulaire visible liée à la résorption osseuse. Fig.12c : Comparaison clinique entre une alvéole cicatrisée naturellement et une alvéole traitée par ROG (figures de concept thérapeutique, Geistlich ; <https://www.geistlich.fr/fr/dentaires/domaines-therapeutiques/alveoledextraction/contexte-scientifique/>).

des patients, ils ont montré qu'après six mois, en utilisant les différents substituts, l'os régénéré avait généralement une structure osseuse médiocre, de type D3/D4. Les biomatériaux combinés ont entraîné une plus grande régénération osseuse, montrée par une faible quantité de particules résiduelles et d'os trabéculaire. La xéno greffe bovine a formé une plus grande quantité de matrice osseuse et moins d'espace médullaire, ce qui explique la valeur de densité élevée mesurée. Le sulfate de calcium présentait la plus grande quantité de particules résiduelles, tandis que les acides polylactiques et polyglycoliques présentaient la plus grande quantité d'espaces médullaires et le moins de particules résiduelles. Après plusieurs années, ils ont de nouveau comparé les densités osseuses des sites greffés à celle de l'os naturel du patient. L'os néoformé s'approchait à ce moment-là d'une densité de type D2. L'hydroxyapatite a donné un os remodelé de type D4 après 20 ans et la xéno greffe bovine a donné un os remodelé de type D2/D3, tout comme le P-15 après neuf années de suivi.

Ces auteurs alertent donc les praticiens sur l'attention qu'ils doivent accorder à la qualité de l'os qu'ils vont découvrir lors de l'implantation.

CONCLUSION

L'implantologie a fait naître de nouvelles interrogations au sein de la

communauté scientifique. L'obtention d'un volume osseux exploitable est devenue une condition *sine qua non* pour une réhabilitation implantaire. Dès lors, la réflexion est passée d'une politique de correction (*greffe d'apposition, distraction osseuse*) à une attitude préventive de conservation de l'os alvéolaire au

moment même de l'avulsion. La technique de ROG s'est instaurée comme le traitement de choix. À l'heure actuelle, les multiples études et analyses n'ont pas réussi à révéler quel biomatériau de substitution générerait le meilleur résultat, ni l'impact positif ou négatif de procéder par un soulèvement de lambeau.

Cependant, il y a un principe à retenir. En matière de préservation osseuse, il vaut toujours mieux agir et effectuer une ROG que de laisser l'alvéole cicatriser seule. Les conditions anatomiques en seront beaucoup plus favorables, quels que soient les biomatériaux choisis et la réhabilitation envisagée. ☺

la biblio'

- ARBEZ B, KUN-DARBOIS JD, CONVERT T, GUILLAUME B, MERCIER P, HUBERT L, CHAPPARD D : « *Biomaterial granules used for filling bone defects constitute 3D scaffolds : porosity, microarchitecture and molecular composition analyzed by microCT and Raman microspectroscopy* ». J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2018 : doi : 10.1002/jbm.b.34133.
- ATHANASIOU KA, NIEDERAUER GG, AGRAWAL CM : « *Sterilization, toxicity, biocompatibility and clinical applications of polylactic acid/polyglycolic acid copolymers* ». Biomaterials, 1996; 17 : 93-102.
- AVILA-ORTIZ G, ELANGO VAN S, KRAMER K, BLANCHETTE D, DAWSON D : « *Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction : a systematic review and meta-analysis* ». Journal of dental research, 2014; 93 : 950-958.
- BABBUSH CA : « *A new atraumatic system for tooth removal and immediate implant restoration* ». Implant dentistry, 2007; 16 : 139-145.
- BARONE A, TOTI P, PIATTELLI A, IEZZI G, DERCHI G, COVANI U : « *Extraction socket healing in humans after ridge preservation techniques : comparison between flapless and flapped procedures in a randomized clinical trial* ». Journal of Periodontology, 2014; 85 : 14-23.
- BLUS C, SZMUKLER-MONCLER S : « *Atraumatic tooth extraction and immediate implant placement with Piezosurgery : evaluation of 40 sites after at least 1 year of loading* ». The International journal of periodontics & restorative dentistry, 2010; 30 : 355.
- CHAI F, RAOU L, WISS A, FERRI J, HILDEBRAND H : « *Les biomatériaux de substitution osseuse : classification et intérêt* ». Revue de stomatologie et de chirurgie maxillo-faciale, 2011; 112 : 212-221.
- CHAPPARD D, GUILLAUME B, MALLET R, PASCARETTI-GRIZON F, BASLÉ MF, LIBOUBAN H : « *Sinus lift augmentation and beta-TCP : a microCT and histologic analysis on human bone biopsies* ». Micron, 2010; 41 : 321-326.
- CHAPPARD D, TERRANOVA L, MALLET R, MERCIER P : « *3D Porous Architecture of Stacks of beta-TCP Granules Compared with That of Trabecular Bone : A microCT, Vector Analysis, and Compression Study* ». Front Endocrinol (Lausanne), 2015; 6 : 161.
- DAHLIN C, JOHANSSON A : « *Iliac crest autogenous bone graft versus alloplastic graft and guided bone regeneration in the reconstruction of atrophic maxillae : a 5-year retrospective study on cost-effectiveness and clinical outcome* ». Clinical implant dentistry and related research, 2011; 13 : 305-310.
- DANAN M, KRUK H, CHEVALIER G, CHERKAOUIS, DANCHEVA B, BENSÂÏD X : « *Implantologie dans le plan de traitement parodontal* ». EMC - Médecine Buccale, 2017; 12 : 1-22.
- DUMAS A, GAUDIN-AUDRAIN C, MABILLEAU G, MASSIN P, HUBERT L, BASLÉ MF, CHAPPARD D : « *The influence of processes for the purification of human bone allografts on the matrix surface and cytocompatibility* ». Biomaterials, 2006; 27 : 4204-4211.
- FESTA VM, ADDABBO F, LAINO L, FEMIANO F, RULLO R : « *Porcine-derived xenograft combined with a soft cortical membrane versus extraction alone for implant site development : a clinical study in humans* ». Clinical implant dentistry and related research, 2013; 15 : 707-713.
- FEUERSTOSS L : « *Limiter l'élévation de température des forages osseux* ». Dentoscope n°171, 2017.
- FICKL S, ZUHR O, WACHTEL H, BOLZ W, HUERZELER M : « *Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma : a volumetric study in the beagle dog* ». Journal of Clinical Periodontology, 2008; 35 : 356-363.
- FICKL S, ZUHR O, WACHTEL H, STAPPERT CF, STEIN JM, HÜRZELER MB : « *Dimensional changes of the alveolar ridge contour after different socket preservation techniques* ». Journal of clinical periodontology, 2008; 35 : 906-913.
- FRYDMAN N : « *Extraction-préservation alvéolaire à visée implantaire : stratégie thérapeutique* ». Médecine buccale chirurgie buccale, 2015; 21 : 141-147.
- GUILLAUME B : « *Les greffes osseuses, in : Tissu osseux et biomatériaux en chirurgie dentaire* ». Eds B. Guillaume, M. Audran and D. Chappard; Quintessence International, Paris, (2014), 24, 337-366.
- GUILLAUME B : « *Filling bone defects with beta-TCP in maxillofacial surgery: A review* ». Morphologie, 2017; 101 : 113-119.
- GUILLAUME B, GAUDIN C, GEORGEAULT S, MALLET R, BASLÉ MF, CHAPPARD D : « *Viability of osteocytes in bone autografts harvested for dental implantology* ». Biomed Mater, 2009; 4 : 15012.
- HÄMMERLE CH, ARAÚJO MG, SIMION M, GROUP OC : « *Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets* ». Clinical oral implants research, 2012; 23 : 80-82.
- HORNIG HP, OFFERMANN T : « *Device for the removal of teeth* ». Google Patents (2007).
- HOROWITZ R, HOLTZCLAW D, ROSEN PS : « *A review on alveolar ridge preservation following tooth extraction* ». Journal of Evidence Based Dental Practice, 2012; 12 : 149-160.
- INTINIG, ANDREANAS, INTINI FE, BUHITER J, BOBEK LA : « *Calcium sulfate and platelet-rich plasma make a novel osteoinductive biomaterial for bone regeneration* ». Journal of translational medicine, 2007; 5 : 13.
- MASAKI C, NAKAMOTO T, MUKAIBO T, KONDO Y, HOSOKAWA R : « *Strategies for alveolar ridge reconstruction and preservation for implant therapy* ». Journal of Prosthodontic Research, 2015; 59 : 220-228.
- MOHAN KP, RAVINDRA RN, ROOPA D, KISHORE KK : « *Atraumatic surgical extrusion using periosteum in esthetic zone : A case series* ». Journal of conservative dentistry : JCD, 2013; 16 : 175.
- MUSKA E, WALTER C, KNIGHT A, TANEJAP, BULSARAY, HAHN M, DESAI M, DIETRICH T : « *Atraumatic vertical tooth extraction : a proof of principle clinical study of a novel system* ». Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology, 2013; 116 : e303-e310.
- NAZARIAN A : « *An efficient approach to full-mouth extractions* ». Dentistry today, 2011; 30 : 94.
- NEFUSSI JR : « *Biologie de la réparation osseuse : technique d'augmentation du volume osseux implantable* ». EMC (Elsevier Masson SAS, Paris) Médecine Buccale, 2011 : 28-815-M-802.
- PAPADIMITRIOU DE, GEMINIANI A, ZAHAVIT, ERCOLICI : « *Sonosurgery for atraumatic tooth extraction : a clinical report* ». The Journal of prosthetic dentistry, 2012; 108 : 339-343.
- SCHWARTZ C : « *Bilan de 15 ans d'utilisation des substituts osseux de synthèse en chirurgie orthopédique et en traumatologie* ». e-mémoires de l'Académie nationale de chirurgie, 2010; 9 : 76-86.
- SHARMA SD, VIDYA B, ALEXANDER M, DESHMUKH S : « *Periotome as an aid to atraumatic extraction : A comparative double blind randomized controlled trial* ». Journal of maxillofacial and oral surgery, 2015; 14 : 611-615.
- TAN WL, WONG TL, WONG MC, LANG NP : « *A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans* ». Clinical oral implants research, 2012; 23 : 1-21.
- TAVAREZ RRDJ, DOS REIS WLM, ROCHA AT, FIROOZMAND LM, BANDÉCA MC, TONETTO MR, MALHEIROSAS : « *Atraumatic extraction and immediate implant installation : The importance of maintaining the contour gingival tissues* ». Journal of international oral health : JIOH, 2013; 5 : 113.
- TEN HEGGELER J, SLOT D, VAN DER WEIJDEN G : « *Effect of socket preservation therapies following tooth extraction in non-molar regions in humans : a systematic review* ». Clinical oral implants research, 2011; 22 : 779-788.
- TRAINI T, PIATTELLI A, CAPUTI S, DEGIDI M, MANGANO C, SCARANO A, PERROTTI V, IEZZI G : « *Regeneration of human bone using different bone substitute biomaterials* ». Clinical Implant Dentistry and Related Research, 2015; 17 : 150-162.
- VAN DER WEIJDEN F, DELL'ACQUA F, SLOT DE : « *Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans : a systematic review* ». Journal of clinical periodontology, 2009; 36 : 1048-1058.
- VERDINO JB, MARDENALOM D : « *Exo Safe : l'extraction atraumatique et mini-invasive* ». Dentoscope, 2015; 154 : 46-47.
- VIGNOLETTI F, MATE SANZ P, RODRIGO D, FIGUERO E, MARTIN C, SANZ M : « *Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction. A systematic review* ». Clinical Oral Implants Research, 2012; 23 : 22-38.
- YAMADA M, EGUSA H : « *Current bone substitutes for implant dentistry* ». Journal of prosthodontic research, 2018; 62 : 152-161.