

Bases biologiques et cliniques de la reconstruction osseuse

Biological basis and clinical bone reconstruction

Paul MATTOU

Marseille

Accepté pour publication :
18 juillet 2012

L'auteur a indiqué n'avoir aucun conflit
d'intérêt concernant cet article.

RÉSUMÉ

L'os a le potentiel unique de restaurer sa structure originelle. Toute lésion de l'os engendre une ostéo-induction. En effet, les cellules osseuses ou les cellules de voisinage relarguent des facteurs de croissance et des facteurs d'induction osseuse comme les protéines osseuses morphogénétiques.

Des cellules vont réagir à ces inductions. Ce sont des cellules ostéoprécurseurs qui se trouvent à proximité de l'os, dans le périoste, dans les espaces endostés et dans les espaces médullaires. Elles vont se différencier en ostéoblastes, capables de former de l'os.

Cette capacité de l'os à se régénérer a des limites. Elle peut échouer dans certaines conditions : absence de vascularisation, instabilité mécanique, taille trop importante du défaut et compétition avec des tissus inhibiteurs (Schenk, 1994). Il faut alors utiliser des techniques de reconstructions osseuses telles que greffes osseuses, matériaux de comblement ou membranes. Les membranes isolent le site osseux à reconstruire et permet l'expression du potentiel ostéo-inducteur sans l'influence de facteurs externe comme le tissu conjonctif muqueux.

MOTS CLÉS

Greffes osseuses, reconstruction osseuse, membranes, régénération osseuse guidée.

ABSTRACT

Bone has a unique capacity for restoring its original structure. Any bone lesion creates osteoinduction. In fact, osseous or neighboring cells release growth factors and bone-inducing factors such as bone morphogenic proteins (BMPs).

This induction leads to cellular reactions in osteo-precursor cells, which are found in the periosteum and in endosteal and medullary spaces. These cells differentiate into osteoblasts, which can promote bone formation.

This bone regeneration capacity has some limitations. It can fail in some situations: lack of vascularization; mechanical instability; defects that are too large; and competition with inhibiting tissues (Schenk, 1994). The authors use bone graft, synthetic material or membrane. Utilizing a membrane can thus be a key step in the GBR technique. The membrane isolates the osseous site that requires reconstruction and allows free expression of the osteoinductor potential, without the influence of external factors such as the mucosal connective tissue that can inhibit this potential.

KEY WORDS

Bone graft, bone reconstruction, membranes, guided bone regeneration

Introduction

Les premières greffes osseuses furent utilisées en 1923 par Hegedus pour reconstruire l'os détruit au cours de la maladie parodontale ; elles furent réactualisées en 1965 par Nabers et O'Leary. Depuis, un nombre très important de matériaux ont été utilisés pour la reconstruction osseuse. La plupart n'ont que peu d'effet sur les lésions osseuses. Lors de comblements, l'ostéogénèse, c'est-à-dire la formation d'os minéralisé par des ostéoblastes, ne peut être obtenue qu'avec une greffe osseuse autogène (Schallhorn *et al.*, 1970) au sein de laquelle les éléments cellulaires ou progéniteurs sont présents.

Les greffons osseux autres que l'os autogène ne contiennent aucun élément cellulaire.

La plupart de ces matériaux sont ostéo-conducteurs, inertes et s'intègrent à l'os néoformé. Ils sont quelquefois utilisés dans les traitements parodontaux. Il peut en résulter une amélioration des profondeurs de

poche et des niveaux d'attache mais une régénération très limitée ou absente (Nasr *et al.*, 1999).

Dans les traitements implantaires, les xéno greffes sont souvent utilisées mais le gold standard reste l'os autogène. Les membranes, bien que moins utilisées, donnent d'excellents résultats prévisibles et reproductibles, à condition que le protocole d'utilisation soit rigoureux.

Le but de cet article est de décrire succinctement les divers procédés de reconstruction osseuse utilisés par les auteurs, mais aussi d'énoncer les bases biologiques de la cicatrization osseuse qui doivent nous guider dans nos options et nos objectifs. Nos choix ne doivent pas s'éloigner du gold standard dans la reconstruction osseuse.

Greffes osseuses

Greffes osseuses autogènes

Les greffons osseux autogènes sont utilisés depuis de nombreuses

années selon différents protocoles. Ainsi Robinson préconisait, en 1969, le prélèvement intrabuccal de coagulum osseux à l'aide d'une fraise boule à pans coupants, tournant à vitesse lente et sous irrigation de sérum physiologique pour éviter l'échauffement du greffon (Robinson, 1969). Hiatt et Schallhorn, dans les traitements parodontaux, ont rapporté avec cette technique un gain osseux de 3 à 4 mm) tout comme Rosenberg qui montrait des résultats comparables déjà en 1971 (Hiatt et Schallhorn, 1973 ; Rosenberg, 1971). D'autres auteurs (Mellonig et Bowers, 1988 ; Garrett et Boyle, 1993) ont utilisé aussi bien l'os intrabuccal (coagulum, os en bloc prélevé sur la symphyse mentonnière ou sur le ramus mandibulaire), qu'extra-buccal (iliaque ou pariétal). Si le volume osseux à reconstruire est important, en chirurgie pré-implantaire ou péri-implantaire, le greffon osseux peut être prélevé au trépan dans la symphyse mentonnière (fig. 1 à 8).



Fig. 1. Défaut osseux site prémolaire maxillaire.
Fig. 1. Osseous defect in premolar site.

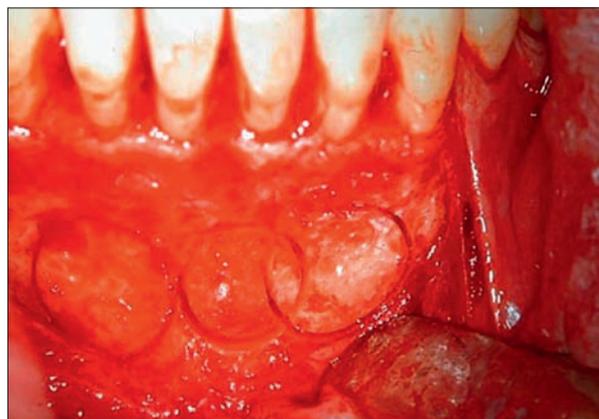


Fig. 2. Prélèvement mentonnier au trépan.
Fig. 2. Use of trephine for removing bone block from chin region.

P. MATTOUT

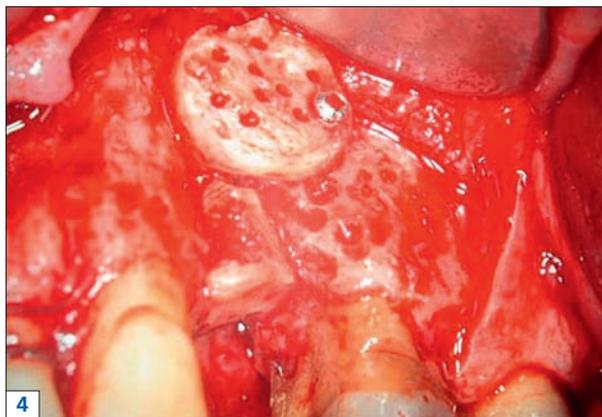
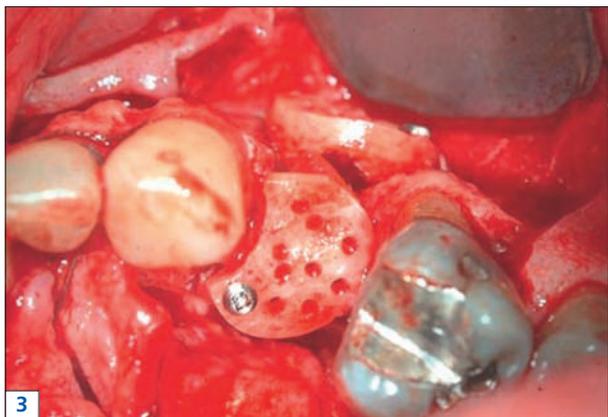


Fig. 3 et 4. Deux rondelles d'os prélevées sont vissées. Le coagulum osseux récupéré dans le filtre à os est également mis en place. Vues occlusale (fig. 3) et vestibulaire (fig. 4).

Fig. 3 et 4. Two discs of bone taken are screwed. The osseous coagulum recovered in the bone filter is also set up. Occlusal view (fig. 3) and buccal view (fig. 4).



Fig. 5 et 6. Cinq mois plus tard, les vis de fixation des greffons sont déposées.

Fig. 5 et 6. Five months later, the screws are placed.

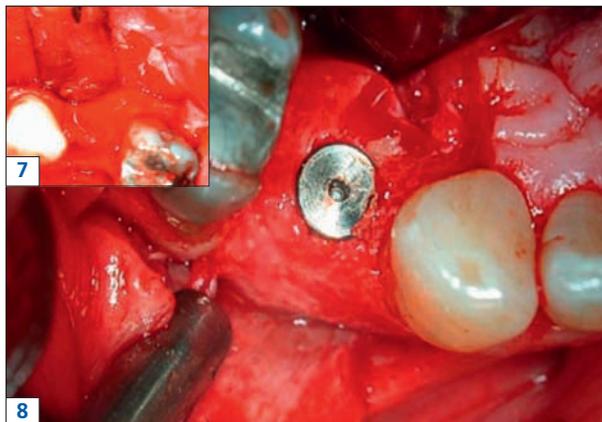


Fig. 7 et 8. Noter le gain osseux en comparant avant (fig. 7) et après (fig. 8). Un implant est posé.

Fig. 7 and 8. Osseous gain: see before (fig. 7) and after (fig. 8). An implant is posed.

Greffes osseuses allogènes

Il s'agit d'os d'origine humaine. Les allogreffes peuvent être de l'os lyophilisé déminéralisé (*demineralized freeze dried bone allograft*, DFDBA) ou non déminéralisé (*freeze dried bone allograft*, FDBA).

La déminéralisation dans de l'acide chlorhydrique à pH 0,6 augmente le potentiel ostéogénique de l'allogreffe en exposant les protéines morphogénétiques osseuses (*bone morphogenetic protein*, BMP) (Urist *et al.*, 1967).

À la suite des travaux d'Urist (Urist *et al.*, 1968), le DFDBA a été largement utilisé pour traiter les défauts osseux parodontaux et péri-implantaires. En effet, il induirait une néoformation osseuse ectopique chez la souris athymique car il contiendrait des BMP.

Mécanisme d'action du DFDBA

Une évaluation de ce matériau nécessite une bonne compréhension de son mécanisme d'action. Pour que cet os induise une néoformation osseuse, il doit contenir des BMP en quantité suffisante. Ces protéines agissent sur les cellules mésenchymateuses indifférenciées pour former de l'os cartilagineux dans les 21 jours qui suivent l'implantation de l'os.

Les BMP induisent un recrutement des cellules mésenchymateuses, une différenciation des chondroblastes, une formation de cartilage, un envahissement vasculaire et, finalement, une formation osseuse.

L'os humain contient 1 µg/kg de BMP et de protéines osseuses associées à la matrice non collagénique (*non collagenous protein*, NCP). Un milligramme de BMP/NCP entraîne

la formation de dépôts visibles d'os néoformé.

Une étude (Becker *et al.*, 1992) a été entreprise sur des implants placés dans des alvéoles d'extraction avec du DFDBA prélevé chez le chien ou avec de l'os autogène. Une membrane en polytétrafluoroéthylène expansé (PTFE-e) a été utilisée sur 1 implant tandis qu'un site servait de contrôle. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec l'os autogène associé à une membrane. Histologiquement, les sites implantés avec du DFDBA ont montré 45 % de matrice osseuse avec des inclusions de particules de DFDBA non viable et une quantité minimale d'os lamellaire néoformé.

Pour que le DFDBA que l'on trouve dans le commerce soit efficace, il faut qu'il contienne des quantités suffisantes de BMP/NPC induisant ainsi une néoformation osseuse.

Raisons de l'inefficacité du DFDBA

Cliniquement, il y a plusieurs raisons pour que le DFDBA ne soit pas capable d'induire une formation osseuse :

- il ne contient pas suffisamment de BMP/NPC. De plus, les ostéoclastes ont besoin d'os minéralisé pour déclencher le processus de résorption ;
- l'os étant déjà déminéralisé, les ostéoclastes ne peuvent pas s'attacher à l'os implanté (**fig. 9 et 10**). L'os greffé peut éventuellement être résorbé par les macrophages ; cependant, ce procédé prend beaucoup de temps et les macrophages ne semblent pas capables de déclencher un processus d'ostéogénèse.

Les membranes en Gore-Tex®, seules ou associées à l'os allogène

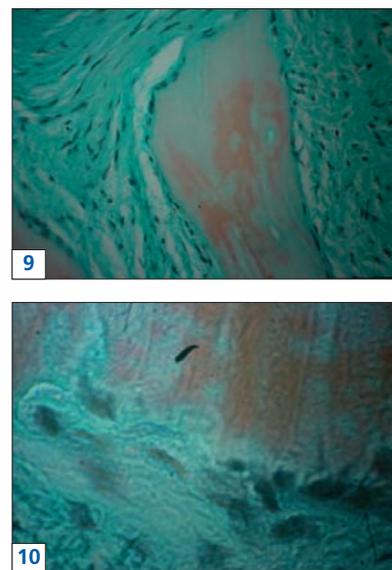


Fig. 9 et 10. Particules d'os allogène, 6 mois après implantation. On note peu ou pas d'activité osseuse. Les particules de DFDBA ne semblent pas en voie de résorption. La population cellulaire est essentiellement de type fibroblastique. Toutefois, quelques rares cellules de type ostéoblastiques sont visibles en bordure d'une particule d'os allogène (fig. 10).

Fig. 9 and 10. Particles of allograft, 6 months after implantation. The osseous activity is poor. The particles of DFDBA do not seem in the process of resorption. The cellular population is primarily of fibroblastic type. However some osteoblastic like cells are found around a particle of allograft (fig. 10).

(DFDBA), ont été comparées dans la reconstruction osseuse péri-implantaire (Mattout *et al.*, 1995). Aucune différence n'a été notée. Il en a été déduit que l'association de l'os allogène n'apporte rien à la régénération osseuse guidée. Shanaman *et al.* ont évalué le potentiel de greffes osseuses allogènes associées ou non à un concentré plaquettaire de plasma enrichi. Ils n'ont pas trouvé de différence significative (Shanaman *et al.*, 2001).

P. MATTOU

Il est donc de plus en plus évident que le DFDBA n'est pas ostéo-inducteur mais plutôt ostéo-conducteur. Son utilisation ne semble pas justifiée dans les techniques de régénération osseuse.

Os d'origine animale

Il s'agit de xénogreffes. L'os est prélevé sur le bœuf ou le veau. Les risques de transmission de maladies à prion sont extrêmement faibles mais ne peuvent être écartés totalement bien que ces matériaux soient traités par frittage (Bio-Os®) afin d'extraire tous les composants organiques et de conserver la porosité.

Si certaines études cliniques ont montré qu'on obtenait avec ce matériau un comblement des défauts osseux, aucune étude histologique humaine n'est venue, à ce jour, étayer formellement ces résultats.

L'intérêt de ce matériau est quelquefois d'augmenter le volume insuffisant d'un greffon autogène.

Matériaux synthétiques

Ces matériaux sont biocompatibles et, pour certains, ostéo-conducteurs, mais ils ne sont pas ostéo-inducteurs (**fig. 11 et 12**). En dépit des nombreuses publications affirmant l'intérêt des matériaux synthétiques, d'autres travaux sont venus contredire ces résultats et, en 1996, les *Annals of Periodontology* concluaient que « les matériaux synthétiques agissaient en remplisseurs ». Depuis, il ne semble pas que de nouveaux matériaux aient pu s'opposer à ces conclusions.

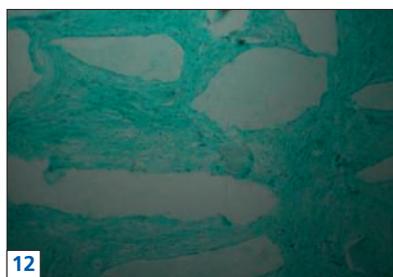


Fig. 11 et 12. Particules d'hydroxyapatite 6 mois après implantation. Les particules sont inertes. Aucune activité osseuse n'est notée.

Fig. 11 and 12. Particle of hydroxyapatite 6 months after implantation. The particles are inert. No bone activity is noted.

Médiateurs biologiques de la régénération

La régénération de tout type cellulaire est un processus biologique complexe qui nécessite des interactions entre les cellules et faisant appel à des facteurs de stimulation. Différentes approches biologiques ont été proposées pour promouvoir la régénération tissulaire : utilisation de facteurs de croissance et de différenciation, utilisation de médiateurs du métabolisme osseux et application de protéines de la matrice amélaire.

Facteurs de croissance et de différenciation

Il s'agit :

- du facteur de croissance dérivé des plaquettes (*platelet-derived growth factor*, PDGF), qui a une action sur de nombreux types cellulaires (dont il stimule la division cellulaire), comme les ostéoblastes ou les cellules du ligament parodontal ;
- du facteur de croissance dérivé de l'insuline (*insulin growth factor*, IGF), qui a un effet mitogène. Il stimule la prolifération des pré-ostéoblastes, la différenciation des ostéoblastes ainsi que la synthèse de collagène de type 1.

Protéines osseuses morphogénétiques

Appelées aussi BMP, ces protéines osseuses sont également une famille de facteurs de régulation.

Dérivées de l'os bovin ou humain, elles sont mitogènes, peuvent changer des cellules mésenchymateuses en ostéoblastes matures et, donc, induire la formation osseuse.

Lors d'implantations, il n'est pas rare que les praticiens soient confrontés à une insuffisance du volume osseux et que la mise en place de *fixtures* aboutisse à l'exposition d'un certain nombre de spires implantaires. Les techniques chirurgicales de reconstruction osseuse sont alors indiquées. Les défauts osseux peuvent apparaître aussi bien dans le sens vertical que dans le sens horizontal. La reconstruction osseuse devra rétablir le volume dans ces deux dimensions.

C'est cette reconstruction qui permettra de placer un implant plus long

avec une meilleure stabilité primaire, un axe favorable du point de vue occlusal et un environnement péri-implantaire facilitant la restauration prothétique et les manœuvres d'hygiène grâce à des profils d'émergence et à des embrasures adéquats.

Régénération osseuse guidée

À la fin des années 1980, Dahlin *et al.* ont montré que l'os pouvait être reconstruit autour des implants grâce à l'utilisation du principe de la régénération tissulaire guidée (RTG) (Dahlin *et al.*, 1988). Le concept de la RTG a été établi par Nyman *et al.* dans le but de reconstruire le parodonte profond détruit par la maladie parodontale (Nyman *et al.*, 1982). Le principe biologique est fondé sur la vitesse de cicatrisation des différents tissus du parodonte et sur la nécessité d'empêcher certains tissus qui inhibent la cicatrisation de coloniser le site à reconstruire.

Ainsi, une membrane en Téflon (PTFE-e) est posée de manière à créer une barrière entre le tissu épithélio-conjonctif de la muqueuse buccale et le défaut osseux. Les cellules osseuses et desmodontales peuvent alors coloniser le site de cicatrisation et engendrer un tissu néoformé qui aboutira à une nouvelle attache.

C'est cette idée d'isoler le site de cicatrisation par une membrane que Dahlin *et al.* ont expérimentée chez le lapin pour la reconstruction osseuse (Dahlin *et al.*, 1988). En 1989, ces mêmes auteurs exposent des spires implantaire puis utilisent le principe de la RTG avec des membranes en PTFE-e. Ils obtiennent une

reconstruction osseuse sur les spires initialement à nu (Dahlin *et al.*, 1989). Cette technique a été décrite sous le nom de régénération osseuse guidée (ROG).

Après les travaux de Dahlin *et al.*, plusieurs auteurs ont utilisé le principe de la ROG pour reconstruire l'os péri-implantaire (Becker *et al.*, 1990 ; Nyman *et al.*, 1990 ; Buser *et al.*, 1990 ; Jovanovic *et al.*, 1992 ; Nevins et Mellonig 1992 ; Simion *et al.*, 1999).

Des membranes étaient interposées entre les défauts osseux et le tissu conjonctif muqueux pour permettre aux cellules osseuses de coloniser l'espace créé entre la membrane et l'os sans que les cellules conjonctives inhibitrices de la néoformation osseuse s'interposent. Ainsi, grâce à ces barrières, les auteurs organisaient une ROG sur des sites osseux nécessitant une reconstruction. Le but de la technique était de préserver un espace en vue de la régénération osseuse. Cet espace doit être suffisant pour reconstruire un volume osseux adéquat. C'est dans cet espace qu'un caillot sanguin doit être maintenu et stabilisé à l'abri d'une sollicitation telle qu'une pression, par exemple. Cette technique de ROG a considérablement élargi les indications de pose d'implants. Cependant, de nombreuses interrogations sont apparues sur la durée d'enfouissement des membranes, sur l'aspect et les transformations du tissu néoformé, sur la maturation de ce tissu et sur la qualité de l'ostéo-intégration d'un implant dans un tissu osseux régénéré.

Membranes

Les membranes ont déjà été utilisées au début des années 1960 en chi-

urgie osseuse orthopédique, il s'agissait de filtres millipores (Bassett *et al.*, 1961). Mais il a fallu attendre les travaux de l'équipe scandinave sur la régénération parodontale (Nyman *et al.*, 1989) pour que les membranes non résorbables en PTFE-e soient utilisées pour reconstruire des défauts osseux (Siebert et Nyman, 1990). Il s'agit de membranes composées de faisceaux de fibres de PTFE-e. Elles répondent à de nombreux critères indispensables au rôle que nous leur demandons. Il s'agit, entre autres, de la maniabilité, de l'effet de barrière cellulaire et de leur qualité de mainteneur d'espace. Mais le critère essentiel est bien sûr la biocompatibilité et donc l'absence totale de cytotoxicité pour les cellules qui colonisent le site de cicatrisation, en particulier les cellules osseuses. D'autres membranes sont également utilisées par les auteurs. Il s'agit de membranes résorbables (fibre de glycolide ou encore collagène de type 1). La vitesse de résorbabilité diffère d'un patient à l'autre et même d'un site à l'autre. Nous préférons n'utiliser que la membrane non résorbable en PTFE-e qui nous paraît plus conforme aux principes établis de la régénération osseuse guidée. En particulier, cette membrane obéit mieux aux critères de mainteneur d'espace, de protection du caillot et de barrière.

Cependant, certains auteurs rapportent des études expérimentales et cliniques sur la cicatrisation (Lundgren *et al.*, 1997 ; Zitzmann *et al.*, 1997 ; Hämmerle et Lang, 2001) après utilisation de membranes non résorbables à cause des inconvénients qu'ils ont rencontrés : difficultés techniques dans leur utilisation et expositions fréquentes aboutissant

P. MATTOUT

souvent à l'échec de la reconstruction osseuse. Quelques auteurs admettent toutefois le manque de rigidité des membranes résorbables et quelquefois leur affaissement sur le site de reconstruction obligeant ainsi à les associer systématiquement à un matériau de comblement. C'est cette technique qui permet d'obtenir les meilleurs résultats cliniques en ce qui concerne la position des tissus mous (Cornelini *et al.*, 2004).

Une étude récente sur la perméabilité des membranes aux bactéries a été réalisée (Hung *et al.*, 2002). Ses auteurs comparent la membrane non résorbable (PTFE-e) aux membranes résorbables (glycolide et collagène) lorsqu'un contact est effectué *in vitro* avec *Streptococcus mutans* et *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*. Ce travail montre que la membrane non résorbable est la meilleure barrière et, donc, en cas d'exposition, qu'elle continuera de protéger le tissu sous-jacent.

Une simple observation en microscopie électronique à balayage nous a permis de comparer la structure des membranes résorbables et non résorbables (fig. 13 et 14). La trame serrée de la membrane résorbable est plus conforme au rôle de barrière que nous souhaitons : barrière pour les cellules du tissu conjonctif indésirables sur le site de cicatrisation et barrière aussi contre la pénétration bactérienne en cas d'exposition prématurée de la membrane.

Membrane associée à l'os autogène

Une étude a été réalisée par Buser et son équipe sur 40 patients pour augmenter la largeur de crêtes éden-

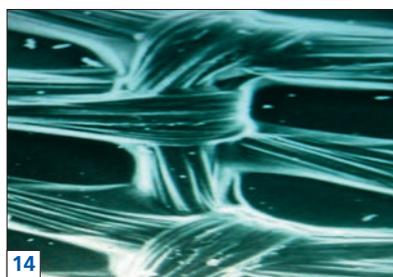


Fig. 13 et 14. La membrane non résorbable (fig. 13) joue son rôle de barrière car la trame des faisceaux de Téflon est serrée. La membrane résorbable (fig. 14) montre un tissage insuffisamment serré pour avoir un rôle de barrière.

Fig. 13 and 14. In the non resorbable membrane (fig. 13), a tight scaffold of PTFE fiber bundles give a role of barrier. The resorbable membrane (fig. 14) shows an insufficiently tight scaffold to act as barrier.

tées par l'utilisation combinée d'une autogreffe et d'une membrane non résorbable (Buser *et al.*, 1996). Cette technique s'est révélée très efficace puisque tous les patients ont été implantés quelques mois plus tard. Le gain en largeur de la crête était de 3,5 mm.

Les autogreffes associées aux membranes jouent un double rôle :

- elles supportent la membrane, prévenant son affaissement et maintenant un espace ;
- elles sont ostéo-conductrices pour le dépôt de la matrice osseuse pendant la cicatrisation : les pré-ostéoblastes, les ostéoblastes, les facteurs de croissance et les facteurs d'induction osseuse (BMP) sont transférés du greffon dans le

site à reconstruire (Burchardt, 1983).

Les membranes ont une triple fonction :

- elles préviennent la prolifération des cellules à partir de la muqueuse de recouvrement et favorisent donc la migration des cellules issues des espaces médullaires dans le caillot habitant le site ;
- elles stabilisent la greffe osseuse (souvent fixée par des minivis) et le caillot.
- elles s'opposent enfin à la résorption de la greffe qui, sans membrane, peut perdre jusqu'à 25 % de son volume au bout de 4 mois (Widmark *et al.*, 1997).

Techniques chirurgicales

L'implant et la membrane peuvent être ou non posés dans le même temps opératoire selon l'importance du défaut osseux et les possibilités de stabilisation primaire de l'implant.

La pose simultanée de l'implant et de la membrane est indiquée lorsque la crête a une largeur insuffisante, lorsque le positionnement prothétique idéal de l'implant expose une de ses faces et lorsque l'implant est mis en place dans une alvéole d'extraction.

Si l'implant doit être mis en place dans une alvéole d'extraction, la dent sera extraite au moins 6 à 8 semaines avant sa pose afin de s'assurer de l'absence d'infection du site d'extraction et d'obtenir une cicatrisation gingivale permettant le recouvrement parfait de l'implant et de la membrane. Celle-ci est déposée au moins 8 mois après sa pose comme l'a montré notre étude histologique (fig. 15 à 17).

Bases biologiques et cliniques de la reconstruction osseuse

Biological basis and clinical bone reconstruction

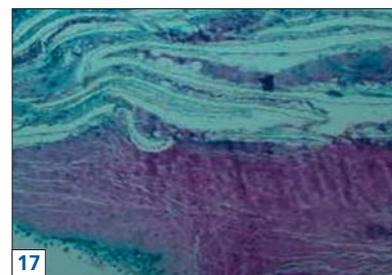
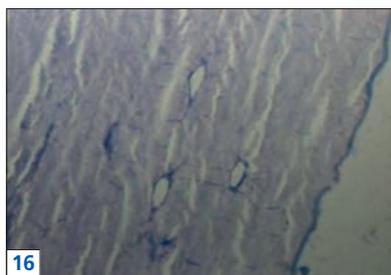
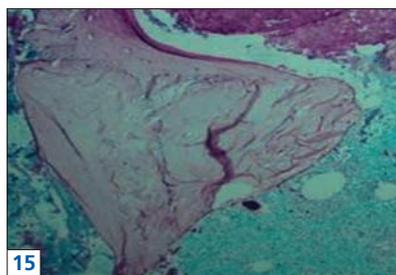


Fig. 15 à 17. ROG : tissu régénéré après 6 mois (fig. 15), 8 mois (fig. 16) et 12 mois (fig. 17) d'enfouissement d'une membrane. Noter la maturité du tissu à 12 mois alors qu'à 6 mois, l'os est peu minéralisé et la population cellulaire est pauvre. À 8 mois, l'os régénéré montre déjà beaucoup de signes de maturité.

Fig. 15 to 17. Regenerated tissue 6 months (fig. 15), 8 months (fig. 16), 12 months (fig. 17) after the GBR procedure. Note the maturity of the regenerated tissue after 12 months whereas in 6 months the bone is poorly mineralized. The cellular population is poor. At 8 months the regenerated bone shows already many signs of maturity.

Cas d'approche simultanée, avec pose de l'implant et membrane

Une incisive compromise et présentant des abcès répétés est extraite (**fig. 18 à 21**). Un important défaut osseux nous incite à attendre 3 mois avant de procéder à la pose de l'implant et à la mise en place d'une membrane non résorbable.

Pour cela, un lambeau d'épaisseur totale est décollé apicalement à l'extrémité du défaut osseux. Le site opératoire doit être bien visible.

S'il s'agit d'un site d'extraction récent, tout le tissu mou ayant envahi l'alvéole sera éliminé à la curette. L'implant devra être placé au moins 3 à 4 mm plus apicalement que l'extrémité apicale de l'alvéole d'extraction afin d'être stable.

Le site implantaire sera alors préparé selon la technique classique en privilégiant un lit osseux de bonne qualité et un positionnement prothétique acceptable. L'implant mis en place présente une déhiscence vestibulaire (**fig. 22**).

La stimulation de l'os environnant est faite à l'aide d'une petite fraise

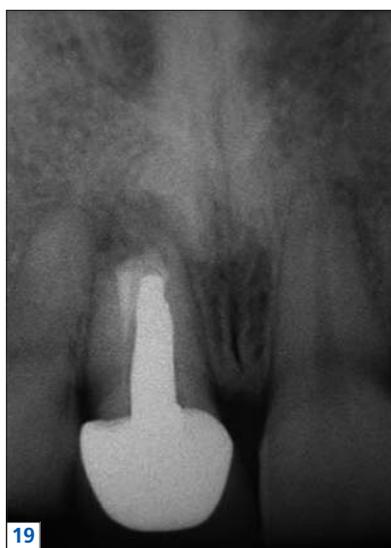


Fig. 18 et 19. Aspect clinique (fig. 18) et radiographique (fig. 19) d'une incisive centrale maxillaire droite présentant une infection chronique depuis de nombreuses années.

Fig. 18 and 19. Clinical (fig. 18) and radiographical (fig. 19) aspect of a maxillary central incisor presenting a chronic infection since many years.



Fig. 20. Intervention à lambeau.

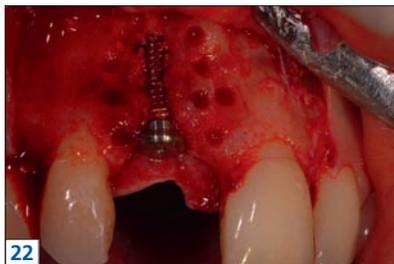
Fig. 20. Flap elevation.

P. MATTOUT



Fig. 21. Extraction et débridement de l'alvéole d'extraction.

Fig. 21. Extraction and debridement of the site.



22



23

Fig. 22 et 23. Préparation du site avec perforation de l'os environnant puis pose de l'implant (fig. 22) et de la membrane non résorbable (fig. 23). La membrane a préalablement été découpée et ajustée sur le site à reconstruire.

Fig. 22 and 23. Perforation of the surrounding bone. Implant (fig. 22) and non resorbable membrane placement (fig. 23). The membrane was cut out and adjusted on the site to rebuild.

boule sous irrigation pour favoriser la prolifération des cellules ostéogéniques en perforant l'os cortical pour ouvrir les espaces médullaires. La membrane en PTFE-e est ajustée et mise en place (fig. 23).

Neuf mois plus tard, aucune exposition spontanée de la membrane n'est apparue (fig. 24). Celle-ci sera déposée après avoir soulevé un lambeau



24

Fig. 24 et 25. Neuf mois plus tard (fig. 24), la cicatrisation de la muqueuse est de bonne qualité. La membrane est bien enfouie. Un lambeau de pleine épaisseur est élevé et laisse apparaître un résultat satisfaisant (fig. 25). La reconstruction osseuse est totale. Comparer les fig. 25 à 26 : l'os régénéré a permis d'obtenir un volume osseux vestibulaire convexe.

Fig. 24 and 25. Nine months later (fig. 24) the cicatrization of the mucosa is good. The membrane is well immersed. A full flap elevation lets appear a satisfactory result (fig. 25). The bone reconstruction is total. Compare fig. 25 with fig. 26: the buccal aspect of the regenerated bone is convex.



Fig. 26. L'os régénéré a permis d'obtenir un volume osseux vestibulaire convexe.

Fig. 26. Convex labial bone volume is achieved through the regenerated bone.

de pleine épaisseur (fig. 25). Le résultat est satisfaisant. La reconstruction osseuse est de qualité et montre une forme convexe en vestibulaire, propice à une bonne esthétique pour cette zone incisive maxillaire (fig. 26). La prothèse sera réalisée environ 2 mois plus tard. Le résultat radiographique et clinique à 4 ans est totalement stable (fig. 27 et 28).



25

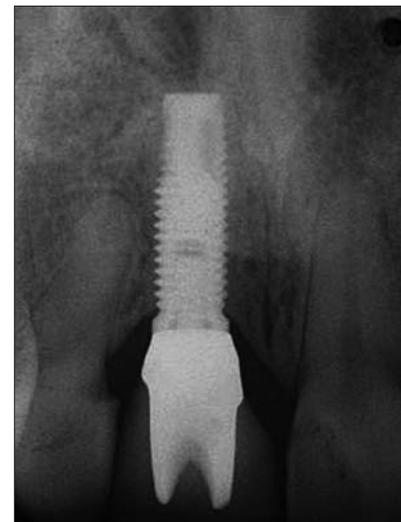


Fig. 27. Aspect radiographique 4 ans après la reconstruction prothétique.

Fig. 27. Radiographical aspect 4 years after the prosthesis.

Bases biologiques et cliniques de la reconstruction osseuse

Biological basis and clinical bone reconstruction



Fig. 28. Aspect clinique. L'esthétique est satisfaisante. La muqueuse péri-implantaire est kératinisée et bien harmonisée avec la gencive environnante.

Fig. 28. Clinical aspect. Esthetic is good. The peri-implant mucosa is keratinized and is well harmonized with the surrounding gingivae.



Fig. 29. Effondrement osseux important sur un site d'agénésie d'une prémolaire mandibulaire. Les murs osseux vestibulaire et lingual sont absents.

Fig. 29. Important osseous collapse on an edentulous site of a mandibular premolar. The buccal and lingual osseous walls miss.

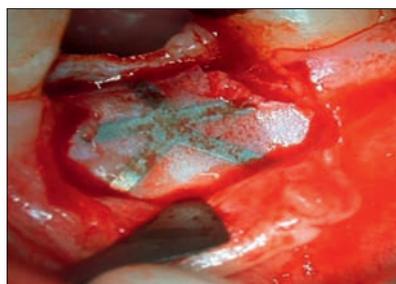


Fig. 30. Douze mois après la pose d'un implant et d'une membrane, un lambeau de pleine épaisseur permet d'accéder à la membrane.

Fig. 30. Twelve months after an implant and a membrane placement: a full thickness flap lets appear the membrane.



Fig. 31. Après dépose de la membrane, une régénération osseuse totale du site est observée. Le résultat est très satisfaisant.

Fig. 31. After removing the membrane, a total bone regeneration of the site is observed. The result is very satisfactory.

Cas de reconstruction d'une crête osseuse mandibulaire

Il s'agit d'un site d'agénésie prémolaire mandibulaire. L'effondrement de la crête est important (**fig. 29**). Selon les mêmes règles techniques que celles décrites précédemment, un implant est posé et associé à une membrane. Celle-ci sera déposée 12 mois plus tard (**fig. 30**). La reconstruction osseuse obtenue est complète (**fig. 31**).

Conclusion

La reconstruction osseuse est un processus biologique qui fait intervenir divers facteurs, en particuliers des facteurs de croissance. Des cellules ostéoprogénitrices doivent être présentes sur le site de reconstruction. Dans ces conditions, il semble difficile d'attribuer ces mêmes potentialités à des matériaux inertes et dépourvus de ces facteurs. Les greffes osseuses non autogènes et les matériaux synthétiques ne peuvent induire une reconstruction osseuse. L'utilisation des membranes non résorbables reste une technique difficile mais permettant des régénérations osseuses prévisibles et reproductibles. □

BIBLIOGRAPHIE

- Bassett CAL, Creighton DK, Stinchfield FE. Contributions of endosteum, cortex and soft tissues to osteogenesis. *Surg Gynecol Obstet* 1961;112:145-154.
- Becker W, Becker B, Handelsman M, Celletti R, Ochsenbein C, Hardwick R *et al.* Bone formation at dehiscenced dental implant sites treated with implant augmentation material: a pilot study in dogs. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1990;10:93-101.
- Becker W, Lynch S, Lekholm U, Becker BE, Cafesse R, Donath K *et al.* A comparison of ePTFE membranes alone or in combination with platelet-derived growth factors and insulin-like growth factor-I or demineralized-freeze dried bone in promoting bone formation around immediate extraction socket implants. *J Periodontol* 1992;63:929-940.
- Burchardt M. The biology of bone graft repair. *J Clin Orthop* 1983;174:28-36.

P. MATTOU

- **Buser D, Bragger U, Lang NP, Nyman S.** Regeneration and enlargement of jaw bone using guided tissue regeneration. *Clin Oral Implants Res* 1990;1:22-32.
- **Buser D, Dula K, Belser U, Hirt HP, Berthold H.** Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. I. Surgical procedure in the maxilla. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1993;13:29-45.
- **Buser D, Dula K, Hirt HP, Schenk RK.** Lateral ridge augmentation using autografts and barrier membranes. A clinical study in 40 partially edentulous patients. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54:420-432.
- **Buser D, Dula K, Hess D, Hirt HP, Belser U.** Localized ridge augmentation with autografts and barrier membranes. *Periodontology* 2000 1999;19:151-163.
- **Cornelini R, Cangini F, Martuscelli G, Wennström J.** Os minéral bovin déprotéiné et membranes résorbables supports de la cicatrisation après implantation transmuqueuse immédiate : essai clinique contrôlé à court terme. *Rev Int Parodont Dent Rest* 2004;24:555-564.
- **Dahlin C, Linde A, Gottlow J, Nyman S.** Healing of bone defects by guided tissue regeneration. *Plast Reconstr Surg* 1988;81:672-676.
- **Dahlin C, Sennerby L, Lekholm U, Linde A, Nyman S.** Generation of new bone around titanium implants: an experimental study in rabbits. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:19-25.
- **Garrett S, Boyle G.** Periodontal regeneration: a review of flap management. *Periodontol* 2000 1993;1:100-108.
- **Hämmerle CHF, Lang NP.** Single stage surgery combining transmucosal implant placement with guided bone regeneration and bioresorbable materials. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:9-18.
- **Hiatt WH, Schallorn RG.** Intraoral transplants of cancellous bone and marrow in periodontal lesions. *J Periodontol* 1973;44:194-208.
- **Hung SL, Lin YW, Wang YH, Chen YT, Su CY, Ling LJ.** Permeability of *Streptococcus mutans* and *Actinobacillus actinomycetemcomitans* through guided tissue regeneration membranes and their effects on attachment of periodontal ligament cells. *J Periodontol* 2002;73:843-851.
- **Jovanovic SA, Spiekermann H, Richter JE.** Bone regeneration around titanium dental implants in dehiscenced defect sites: a clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:233-245.
- **Lundgren AK, Lundgren D, Sennerby L, Taylor A, Gottlow J, Nyman S.** Augmentation of skull bone using a bioresorbable barrier supported by autologous bone grafts. An intra-individual study in the rabbit. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:90-95.
- **Mattout P, Nowzari H, Mattout C.** Clinical evaluation of guided bone regeneration at exposed parts of Brånemark dental implants with and without bone allograft. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:189-195.
- **Mellonig JT, Bowers GM.** Regenerating bone in clinical periodontics. *Am J Dent Assoc* 1988;121:497-502.
- **Nasr HF, Aichelmann-Reidy HA, Yukna RA.** Bone and bone substitutes. *Periodontology* 2000 1999;19:74-86.
- **Nevins M, Mellonig JT.** Enhancement of the damaged edentulous ridge to receive dental implants: a combination of allograft and Gore-Tex membrane. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1992;12:97-111.
- **Nyman S, Gottlow J, Karring T, Lindhe J.** The regenerative potential of the periodontal ligament. An experimental study in the monkey. *J Clin Periodontol* 1982;9:257-265.
- **Nyman S, Lindhe J, Karring T.** Reattachment. New attachment. In: Lindhe J (ed). *Textbook of clinical periodontology*. Copenhagen: Munksgaard, 1989:450-458.
- **Nyman S, Lang NP, Buser D, Bragger U.** Bone regeneration adjacent to titanium dental implants using guided tissue regeneration: a report of two cases. *Inter J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:9-14.
- **Schenk RK.** Bone regeneration: biologic basis. In: Buser D, Dahlin C, Schenk RK (eds). *Guided bone regeneration in implant dentistry*. Philadelphia: Quintessence Publishing Co. 1994:49-54.
- **Schallhorn RG, Hiatt WH, Boyce W.** Iliac transplants in periodontal therapy. *J Periodontol* 1970;41:566-580.
- **Shanaman R, Filstein MR, Danesh Meyer MJ.** Augmentation du volume des crêtes édentées par la ROG et l'utilisation de concentré plaquettaire : rapport de cas cliniques. *Rev Int Parodont Dent Rest* 2001;4:345-355.
- **Siebert J, Nyman S.** Localized ridge augmentation in dogs, a pilot study using membranes and hydroxylapatite. *J Periodontol* 1990;61:157-165.
- **Simion M, Dahlin C, Blair K, Schenk RK.** Effect of different microstructures of ePTFE membranes on bone regeneration and soft tissue response: a histologic study in canine mandible. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:73-84.
- **Urist MR, Silbermann BF, Buring K, Dubuc FL, Rosenberg JM.** The bone inducing principle. *J Clin Orthop* 1967;53:243.
- **Urist MR, Dowel TA, May PH, Strates BS.** Inductive substrates for bone formation. *J J Clin Orthop* 1968;59:59-96.
- **Widmark G, Anderson B, Ivanoff CJ.** Mandibular bone graft in the anterior maxilla for single tooth implants. Presentation of a surgical method. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1997;26:106-109.
- **Zitzmann NU, Naef R, Schärer P.** Resorbable versus non resorbable membranes in combination with Bio-Oss for guided bone regeneration. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1997;12:844-852.

Demande de tirés à part

Paul MATTOU : Gépi – 224, avenue du Prado – 13008 MARSEILLE – FRANCE.