

L'implantologie *de demain*



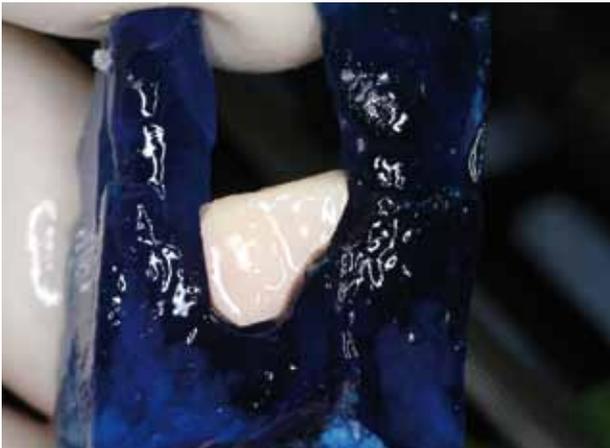
Thomas Fortin
MCU-PH
Chef du département
de chirurgie orale,
faculté d'Odontologie
de Lyon



Philippe Casamajor
Membre titulaire
de l'Académie

La futurologie est certainement l'exercice le plus complexe tellement il semble naturellement voué à l'échec, surtout à une époque où nous vivons une révolution tous les dix ans. N'oublions pas qu'en 2000 les adolescents n'avaient pas de téléphone portable, alors qu'il a aujourd'hui un impact majeur sur leur mode de communication ! Le plus simple est peut-être de regarder les grandes tendances qui sont apparues ou qui se sont confirmées lors de la dernière décennie.

Paris Match a listé en 2010 les grandes révolutions de la décennie 2000-2010 pour retenir, dans le domaine médical, l'apparition de l'ordinateur, particulièrement en chirurgie, et son implication dans la modification des stratégies. Philippe Cinquin décrivait en 2004 [1], dans un congrès dédié à cette discipline, l'utilisation de l'informatique comme pouvant apporter des outils utilisant des données de différentes sources que l'on hiérarchise dans le but de planifier, de simuler et d'exécuter des interventions en diminuant l'invasivité du geste tout en améliorant la précision et la sécurité de ce geste. Cette double notion de réduction de l'invasivité et de sécurisation des gestes chirurgicaux nous semble toujours être porteuse d'avenir. Ce que nous écrivions dans cette même revue en 2002 garde toute sa pertinence [4]. L'avenir s'inscrira dans le cadre de « l'évolution naturelle de la chirurgie qui favorise le passage d'une chirurgie lourde vers une chirurgie plus douce, qui diminue le stress opératoire en procu-



1. Usinage d'un greffon allogénique aux dimensions du défaut osseux.



2. Mise en place d'un greffon allogénique-cortico-spongieux usiné sur le site chirurgical sans élever de lambeau.

rant un relatif confort à la fois au praticien et au patient et qui permet d'éliminer la relative imprécision au profil de la précision ».

C'est dans ce cadre que, dans les années 90, plusieurs équipes ont développé des guides chirurgicaux pour que le marché ne retienne essentiellement que deux technologies, la stéréolithographie et les systèmes mécaniques, la navigation restant plus confidentielle [12]. Ces techniques trouvent leur application dans la mise en correspondance du projet prothétique et de la stratégie chirurgicale et dans la gestion des atrophies osseuses sévères comme alternative aux techniques de reconstruction complexe avec chirurgie additionnelle type greffe [5, 6]. Cela a un impact majeur en diminuant la complexité, le coût et la durée des traitements. Nous assisterons à l'intégration, déjà commencée, de plus en plus poussée des données numériques en provenance non plus uniquement des CBCT ou des scanners X, mais également des caméras optiques, de photos de visages, etc.

Substituts osseux personnalisés et fonctionnels

Les défis de demain en implantologie sont, pour son versant chirurgical, associés aux techniques de reconstruction osseuse, qu'elles soient de première intention dans le traitement implantaire ou dans le cadre de plus en plus fréquent d'une reprise de traitement avec perte osseuse autour d'un implant à démonter, mis en place plusieurs années auparavant. Dans la continuité des travaux sur l'imagerie médicale, l'idée majeure dans les grandes équipes internationales, et la France prend toute sa part

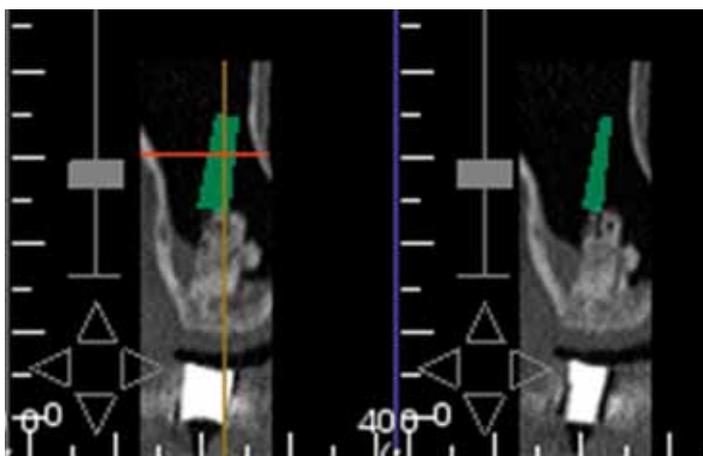
dans cette recherche, est de réaliser de véritables substituts osseux à la fois personnalisés, c'est-à-dire que la forme du greffon sera adaptée au défaut osseux avant même l'exposition du site chirurgical, et fonctionnels, c'est-à-dire qu'il aura la propriété de restaurer le tissu osseux.

• **Les substituts osseux seront personnalisés**, ils se présenteront comme le négatif de la perte osseuse sans que le praticien soit obligé de le tailler en bouche, soit par usinage (« soustraction ») soit par frittage (« addition »). La préparation des greffons se fera sur des modèles 3D selon des informations fournies par l'imagerie médicale. L'origine du bloc déterminera la technique de façonnage du greffon (fig. 1 et 2). L'usinage sera associé à l'auto-greffe, l'allogreffe ou la xéno-greffe, et le frittage à l'hydroxyapatite ou autre matrice synthétique. Des greffons, dont la forme est préparée sans exposition du site chirurgical, peuvent être mis en place en limitant au maximum le lambeau d'accès. Cela préserve la vascularisation et accélère l'apport de nutriments au sein du matériau greffé. Les temps de cicatrisation sont raccourcis, les risques de morbidité réduits et le confort opératoire accru. C'est en cela que le cadre de la moindre invasivité énoncé en début de cet article est respecté.

• **Les substituts osseux seront également fonctionnels**. La moindre invasivité réside également dans la réduction de la durée de l'intervention et le nombre de sites chirurgicaux. C'est tout l'objet de l'Ingénierie Tissulaire (IT) qui consiste à développer des substituts osseux pouvant restaurer, maintenir ou améliorer les fonctions de l'os [10]. Il ne s'agit pas de remettre en cause la qualité des résultats obtenus avec l'auto-greffe, mais



3. Mise en place d'un cylindre substitut-osseux usiné par voie crestale pour remplacer le soulevé de sinus.



4. Scanner 3 mois après la mise en place de cylindres substitut-osseux usiné (document Michel Isidori).

de limiter les risques de morbidité essentiellement liés au site donneur en le supprimant. Cela élimine le geste chirurgical du prélèvement qui demande une technicité, du temps et parfois un coût élevé s'il s'agit d'un prélèvement extra-oral sous anesthésie générale. Le principe général de ces substituts osseux est d'associer une matrice tridimensionnelle possédant des propriétés mécaniques avec différents constituants, cellules, facteurs de croissance, et une manipulation qui sous-entend une organisation des rapports entre les différents composants [10]. Les matrices allogéniques et les xéno greffes [7, 9], associées ou non à divers cellules (HBMSC-OB, PDSC-OB...) ou facteurs de croissance (rhBMP-2), donnent déjà des résultats. Les allogreffes présentent l'intérêt de pouvoir être travaillées en bloc, ce qui les rend attractives pour les greffes d'apposition. Le principal reproche qui est fait à ces matrices est leur origine, qui nécessite de disposer de donneurs, humains ou animaux, en quantité suffisante avec la difficulté d'organiser les prélèvements et, en arrière-pensée, une suspicion plus ou moins fondée de contamination. Les matériaux synthétiques font table rase de ces reproches, ce qui les rend très attractifs pour l'avenir. Il reste à trouver la bonne formule.

Matrices synthétiques

Il existe quantité de matrices synthétiques qui vont de l'éponge de collagène sans résistance mécanique [3] à l'hydroxyapatite qui ne se résorbe pas et le phosphate tricalcique qui se résorbe trop vite [11].

Les matrices souples (éponges de collagène, PRP, PGLA, etc.) ont un intérêt attendu dans les compléments d'alvéoles, dans les soulevés de sinus par voie latérale ou en parodontologie. Elles ont une facilité de mise en place avec un avantage majeur par rapport aux particules, il n'y a pas de possibilité de diffusion intra-sinusienne de particules à la suite d'une perforation de la membrane de Schneider.

Les matrices rigides de type HA permettent de faire des blocs à l'image des greffes autogènes ou allogéniques, indispensables à la réalisation de greffes d'apposition. Les blocs trouvent également un intérêt dans les soulevés de sinus, car on sait que les greffes en bloc limitent la repneumatization du sinus comparativement aux greffes particulées. De plus, pour la réalisation de soulevés de sinus de grande étendue, pour lesquels les échecs sont dus à la trop lente diffusion de l'oxygène et des nutriments au centre de la matrice, il a été proposé et validé de limiter la greffe à la zone future d'implantation en utilisant des blocs qui, de ce fait, sont de petites tailles et sont revascularisés très rapidement pour permettre le traitement d'atrophies très sévères [8]. Cette technique, combinée aux guides chirurgicaux supprimera, nous le pensons, les chirurgies additionnelles très complexes ou leurs alternatives, les implants zygomatiques (fig. 3 et 4).

Le frittage, déjà utilisé pour façonner le greffon-substitut osseux, peut également être utilisé comme une imprimante 3D "biologique" permettant d'organiser, couche par couche, les différents éléments constitutifs du substitut osseux lors de sa

fabrication, ce qui permet de mieux tenir compte des interactions complexes nécessaires à mettre en œuvre pour la croissance cellulaire et la régénération in fine du tissu fonctionnel [2]. Cette technologie du frittage est particulièrement prometteuse lorsqu'il s'agit de réaliser de gros greffons, une mandibule par exemple, ou lorsque les conditions locales de vascularisation sont perturbées pour des raisons anatomiques (vascularisation terminale, radiothérapie, etc.) et pour lesquelles les greffons doivent être prévascularisés ou précellularisés. Cela est particulièrement important en chirurgie maxillo-faciale compte tenu de la taille des greffons. En chirurgie pré-implantaire, c'est surtout la recherche de la moindre invasivité et la suppression des donneurs humains ou animaux qui motive l'IT. Néanmoins, l'insertion dans des matrices synthétiques par frittage de cellules autologues périostées, médullaires ou pulpaire a été essayée avec des succès réels sur des volumes limités. Les BMPs ont un peu moins le vent en poupe du fait de leur risque supposé de dissémination et de proliférations cellulaires non contrôlées.

Il est également vraisemblable que les ultrasons progressent dans notre arsenal thérapeutique, car ils sont des agents physiques qui stimulent la croissance osseuse. Ils pourront donc faire l'objet de développements instrumentaux pour ces techniques innovantes de greffes que nous avons évoquées. Dans un avenir peut-être plus lointain, les ultrasons fourniront des images exploitables en implantologie orale. Nous ne butons plus, à l'heure actuelle, que sur des techniques de superposition d'images multimodales pour récupérer non seulement les images des contours des structures, mais également les images des structures telles que le canal alvéolaire inférieur.

bibliographie

1. Cinquin P, Troccaz J, Champeboux G and Lavalée S. Surgetica at Grenoble: form computer assisted medical interventions to quality inspired surgery. *Stud Health Technol Inform* 2004; 100: 117-129.
2. Catros S, Guillotin B, Bacàková M, Fricain JC. Effect of laser energy, substrate film thickness and bioink viscosity on viability of endothelial cells printed by Laser-Assisted Bioprinting. *Applied Surface Science* 2011; 257: 5142-5147.
3. Cochran DL, Jones AA, Lilly LC, Fiorellini JP, Howell H. Evaluation of recombinant human bone morphogenetic protein-2 in oral applications including the use of endosseous implants: 3 years results of a pilot study in humans. *J Periodontol* 2000; 71: 1241-1257.
4. Fortin T, Bouchet H, Champeboux G, Buatois H, Valois C, Kamesi K, Chavrier C, Coudert JL. Gestes médico-chirurgicaux assistés par ordinateur en implantologie orale : note technique portant sur un guide chirurgical. *Info Dent* 2002; 35: 2589-2597.
5. Fortin T, Isidori M, Bouchet H. Placement of posterior maxillary implants in partially edentulous patients with severe bone deficiency using CAD/CAM guidance to avoid sinus grafting: a clinical report of procedure. *International Journal for Oral and Maxillofacial Implant* 2009; 24: 96-102.
6. Fortin T, Camby E, Alik M, Isidori M, Bouchet H. Panoramic Images versus three-dimensional planning software for oral implant planning in atrophied posterior maxillary: a clinical radiological study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2011 Apr 7. doi: 10.1111/j.1708-8208.2011.00342.x. [Epub ahead of print]
7. Fuerst G, Strbac GD, Vasak C, Tangl S, Leber J, Gahleitner A, Gruber R, Wazek G. Are culture-expanded autogenous bone cells a clinically reliable option for sinus-grafting. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20: 135-139.
8. Isidori M, Gentil C, David S, Fortin T. Sinus floor elevation with a crestal approach using press-fit bone block: a case series. *International Journal for Oral and Maxillofacial Implant*, submitted.
9. Jung RE, Glauser R, Schärer P, Hämmerle CHF, Sailer HF, Weber FE. Effect of rhBMP-2 on guided bone regeneration in humans. *Clin Oral Implants Res* 2003; 14: 556-568.
10. Langer R, Vacanti J. Tissue engineering. *Science* 1993; 260: 920-926.
11. Shayesteh YS, Khojasteh A, Soleimani M, Alikhasi M, Khoshzaban A, Ahmadbeigi N. Sinus augmentation using human mesenchymal stem cells loaded into a beta-tricalcium phosphate/hydroxyapatite scaffold. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 106: 203-209.
12. Vercreyssen M, Fortin T, Widmann G, Quirynen M. Different techniques of static/dynamic guided: procedure, flow chart. *J of Periodontol* (In Press).