

RECONSTRUCTION

Apport de la conception assistée par informatique et de l'impression 3D pour la reconstruction mandibulaire par lambeau ostéocutané de fibula après cancer

RÉSUMÉ : L'utilisation des guides de coupe chirurgicaux pour la reconstruction de la mandibule avec lambeau fibulaire, après cancer, de la cavité buccale est très utile mais coûteuse et nécessite du temps pour la fabrication des guides.

Nous avons évalué la possibilité de fabriquer nos propres guides de coupe sans l'intervention d'un laboratoire extérieur pour les patients qui subissent une mandibulectomie pour cancer. Pendant 1 an, nous avons fabriqué nos guides de coupe sur mesure à l'aide de techniques de conception assistée par ordinateur et d'impression 3D. Dix patients ont été reconstruits consécutivement par cette technique. En utilisant des guides de coupe mandibulaires, fibulaires et des plaques en titane conformées sur mesure.

La facilité d'accès aux techniques d'impression 3D et la mise à disposition des logiciels de conception assistée par ordinateur nous a permis de fabriquer nos propres guides de coupe sur mesure, pour un coût et une durée de fabrication très inférieurs à ceux proposés actuellement par les laboratoires.



→ R. BOSC¹, J.-P. MENINGAUD²

¹ MCU-PH, ² PU-PH,
Service de Chirurgie plastique,
CHU Henri-Mondor, CRÉTEIL.

Le lambeau fibulaire ostéocutané [1] permet de reconstruire le maxillaire inférieur et supérieur après exérèse carcinologique, lorsque la résection osseuse est importante. Malheureusement, la fibula est un os long qu'il faut modeler pour reconstituer la structure en trois dimensions du maxillaire. Ce modelage est complexe, et demande une grande précision dans les gestes d'ostéotomie.

Plusieurs techniques permettent de faciliter le modelage. Les techniques les plus modernes font appel à l'utilisation de guides de coupe sur mesure [2]. Ces guides permettent de réaliser des ostéotomies mandibulaires et fibulaires avec

une grande facilité, même pour des opérateurs qui ont une expérience modeste de cette chirurgie. On peut combiner les guides de coupe sur mesure avec des plaques en titane sur mesure et des guides de pose [3].

Actuellement, plusieurs laboratoires internationaux fournissent ce type de service et de matériel : préparation informatique, établissement du projet de reconstruction, fourniture de guides de coupe fibulaires, mandibulaires et de guides d'implantation ± plaques titanes sur mesure. En fonction des options choisies, du laboratoire et de la complexité des cas, le prix varie entre 2 500 et 6 000 euros. Les délais de fabrication

RECONSTRUCTION

sont variables mais, pour tous les laboratoires que nous avons sollicités, ils n'étaient pas inférieurs à 21 jours, et vont parfois jusqu'à 6 semaines.

Ces prix et ces délais sont difficilement compatibles avec notre système de soins contraignant : les GHM des établissements de santé français, publics et privés, sont fixes. Ils ne permettent pas d'intégrer un surcoût important en dehors des protocoles de recherches ou des STIC.

Nous avons développé une procédure pour internaliser, dans le service de chirurgie plastique et maxillofaciale, la conception des guides de coupe et leur utilisation chez les patients nécessitant une reconstruction par lambeau libre de fibula. Il a été nécessaire de se former à l'imagerie 3D, à la conception assistée par ordinateur et à l'impression 3D.

Après une courbe d'apprentissage, nous avons été capables de concevoir des guides de coupe sur mesure "faits maison" pour nos patients sans faire appel à un laboratoire extérieur. Il en résulte une diminution considérable du coût de matériel et service ainsi qu'un temps diminué entre l'imagerie et l'intervention.

Matériel et méthode

De janvier à décembre 2014, nous avons opérés 10 patients en utilisant cette technique [4, 5]. Ces patients ont été traités en double équipe : les chirurgiens ORL réalisaient la résection carcinomateuse de la mandibule, et l'équipe de chirurgie plastique réalisait le prélèvement fibulaire, les ostéotomies segmentaires, la mise en place de la palette cutanée et du lambeau osseux dans la cavité orale. Les patients ont été opérés dans trois centres : le CHU Henri-Mondor, l'hôpital Intercommunal de Créteil et le Centre Oscar Lambret de Lille.

1. Méthode

Chaque cas a été traité selon un protocole identique, quel que soit le lieu d'intervention. Tous les patients ont eu un angioscanner craniofacial et des membres inférieurs. L'analyse des images commençait par une étude du volume et des limites tumorales associées à un bilan d'extension locorégional classique.

Les images DICOM de scanner obtenues ont été transférées vers le logiciel de rendu volumique (RV) permettant d'extraire un aperçu 3D de la mandibule, du maxillaire, des arcades dentaires et de la fibula du patient (Ayr, OsiriX, 3D Slicer). Chaque composante osseuse est ensuite exportée informatiquement en format stéréolithographique (STL) dans un logiciel de conception assistée par ordinateur

(CAO), disponible gratuitement ou en licence payante (MeshMixer, Google SketchUp, AutoCAD).

Le logiciel de CAO va permettre de définir les plans de coupe de la mandibule. Ceux-ci sont positionnés en tenant compte de l'extension tumorale osseuse, des marges nécessaires et des éléments anatomiques : émergence du nerf mandibulaire, angles, condyle, etc. Après validation des plans de coupe mandibulaire par le chirurgien oncologue, les guides de coupes sont conçus en utilisant les outils informatiques du logiciel [6]. Ceux-ci permettent de réaliser des guides parfaitement adaptés aux contours de la mandibule et de la fibula.

Les guides de coupe utilisés par les auteurs dans cet article ont été créés de manière à être fixés dans l'os par des vis de 2 mm (*fig. 1 et 2*).

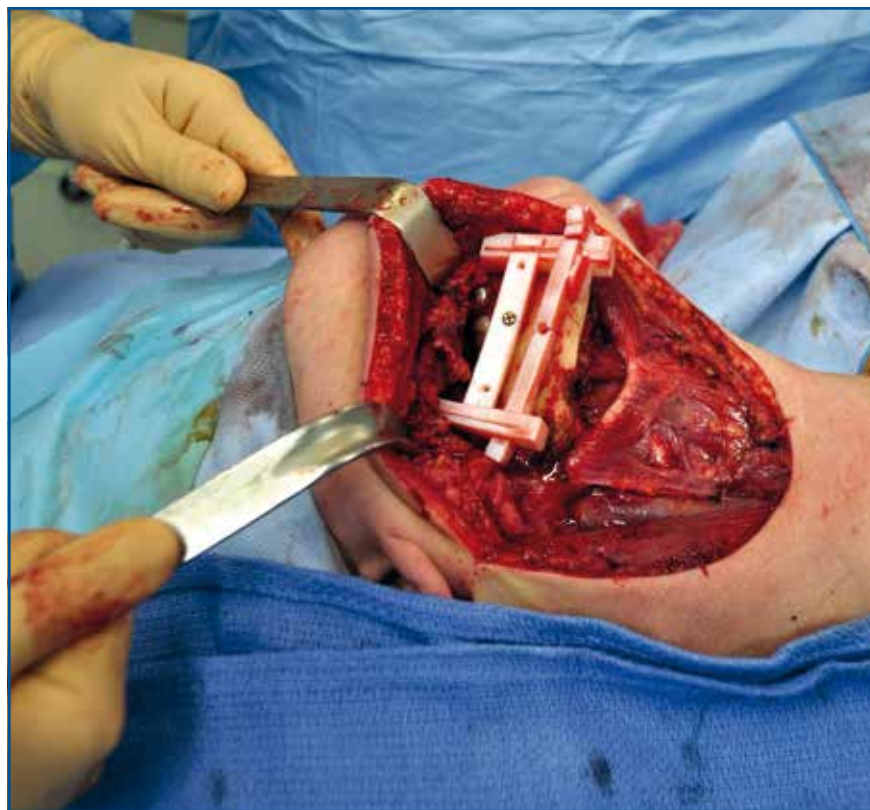


FIG. 1 : Guide de résection mandibulaire conçu sur mesure et fixé par des vis de 2 mm.



FIG. 2 : Mise en place du guide de coupe sur la fibula.

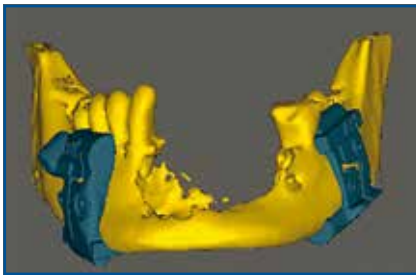


FIG. 3 : Conception des guides de coupe mandibulaires en fonction des plans de coupe choisis.

Les angles de coupe ont été calculés pour permettre d'avoir le maximum de congruence entre les différents fragments fibulaires (**fig. 3**).

Des ostéotomies en “marche d'escalier” distales et proximales ont été utilisées pour permettre d'ajuster encore plus finement l'ostéosynthèse des fragments fibulaires aux moignons osseux mandibulaires. Lorsque l'épaisseur de la fibula n'était pas suffisante, nous avons privilégié la reconstruction du rebord alvéolaire de la mandibule. Par ailleurs, nous avons également conçu informatiquement pour chaque patient un modèle de sa mandibule reconstruite pour per-

mettre de conformer les microplaques de titane préalablement à l'acte chirurgical.

2. Impression des guides de coupe

Les fichiers informatiques des guides étaient envoyés à l'imprimante 3D en

format STL puis imprimés. Nous avons utilisé deux imprimantes 3D avec deux technologies différentes : Stratasys Objet30 Pro (Isobornyl acrylate material) et Zortrax (ABS).

Après l'impression (**fig. 4**), les guides ont été contrôlés, lavés manuellement avec un procédé par ultrasons puis stérilisés au Sterrad (irradiation UV + plasma H_2O_2) et enfin stockés dans un *blister* stérile.

Les plaques de titane ont été coupées manuellement et conformées sur le modèle de reconstruction imprimé en 3D avant d'être stérilisées et stockées en vue de l'acte chirurgical.

À la fin du processus de fabrication, nous disposons pour chaque patient de guides de coupe pour la mandibule, de guides de coupe pour la fibula et de plaques conformées sur mesure (**fig. 5**). Tous les patients ont eu une anticoagulation préventive par HBPM pendant 3 semaines et une antibioprophylaxie peropératoire par céfazoline.

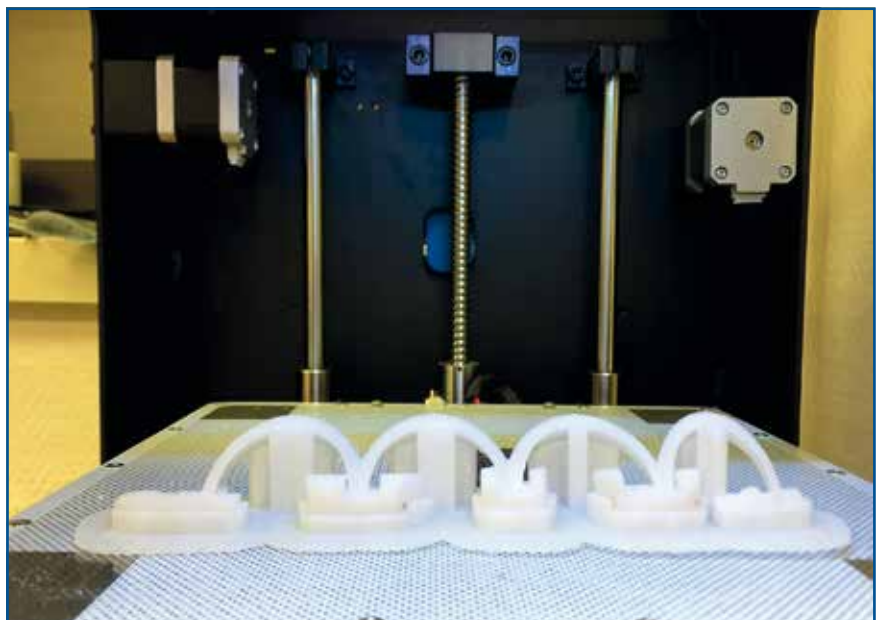


FIG. 4 : Impression 3D du guide de coupe fibulaire sur imprimante Zortrax ABS.

RECONSTRUCTION

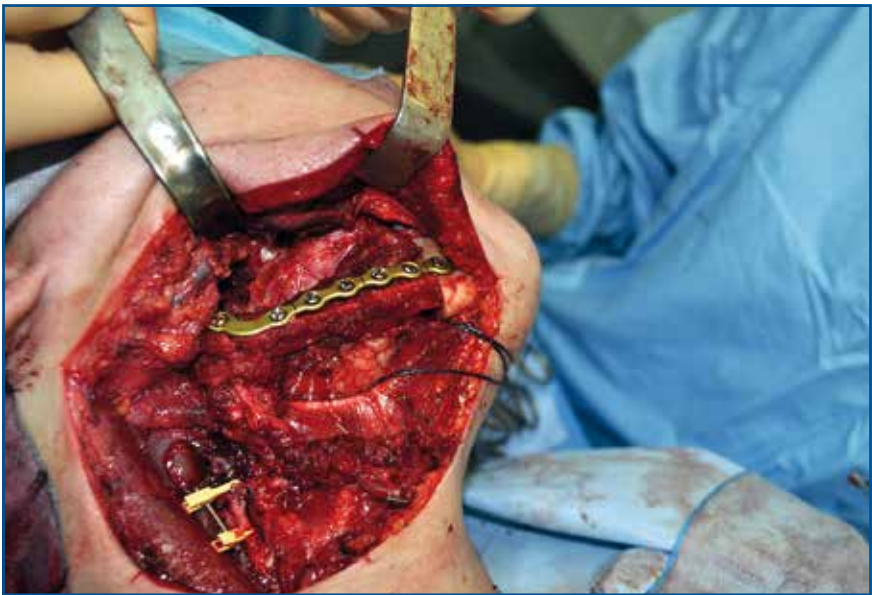


FIG. 5 : Visualisation de l'aspect postopératoire final.

Résultats

Dix patients (7 hommes et 3 femmes), d'âge moyen 57 ans, ont été traités en utilisant cette procédure. Les caractéristiques des patients sont résumées dans le **tableau I**.

Les histologies tumorales étaient des carcinomes épidermoïdes pour 8 patients, un améloblastome et une ostéoradionécrose. La longueur totale de résection mandibulaire variait de 5 cm à 15 cm. Huit patients ont eu une résection muqueuse associée à la résection mandibulaire. Un lambeau fibulaire a été réalisé avec deux palettes cutanées : une septocutanée et une perforante musculocutanée pour reconstruire la langue mobile.

Il n'y a eu aucune complication type allergie ou infection postopératoire. Deux patients ont présenté un orostome postopératoire sur une nécrose partielle de la palette cutanée. Le premier s'est fermé spontanément en 6 semaines. Le deuxième a nécessité un geste de transposition muqueuse pour la fermeture.

40 guides, 14 mandibules et 10 fibula ont été imprimés. Le coût total du consommable utilisé a été de 1 600 euros. La durée du processus de fabrication était comprise entre 5 et 3 jours. La durée moyenne des interventions était de 7 heures.

Variables	Nombre	Pourcentage
Âges		
● < 50	2	20 %
● > 50	8	80 %
Sexe		
● Femmes	3	30 %
● Hommes	7	70 %
Histologie		
● Améloblastome	1	10 %
● Ostéoradionécrose	1	10 %
● Carcinomes épidermoïdes	8	80 %
Radiothérapie		
● Postopératoire	3	30 %
● Préopératoire	1	10 %
● Aucune	6	60 %
Résection		
● Ramus + angle	1	10 %
● Ramus + corps	1	10 %
● Ramus + corps + symphyse	2	20 %
● Corps + symphyse	5	50 %
● Symphyse	1	10 %

TABLEAU I : Détail des patients.

Discussion

La fabrication et la mise à disposition pour le bloc opératoire des guides de coupe mandibulaires et fibulaires sur mesure passe actuellement par un processus industriel et commercial. Pourtant, les outils informatiques modernes "open source" et la disparition des brevets sur le matériel de prototypage rapide nous permettent de nous affranchir des laboratoires qui fabriquent ce matériel.

Il nous a fallu un temps de formation non négligeable pour intégrer les techniques de CAD et d'impression 3D. Plusieurs types de matériaux ont été utilisés et testés avant de sélectionner les imprimantes les plus rapides, les moins chères et les plus ergonomiques. Le coût et la vitesse de fabrication des guides est minime : moins de 100 euros (en incluant les éventuels coûts d'amortissement des machines utilisées). Des guides de coupes sur mesure peuvent être fabriqués et fournis stériles en 48 heures.

Cela pourrait constituer un nouveau mode d'approvisionnement pour ce

matériel. Néanmoins, nous pensons que le travail de conception des guides doit être confié non pas à des chirurgiens mais à des prothésistes rompus à la conception assistée par ordinateur et à la CAD. Par ailleurs, nous pensons qu'il existe des possibilités d'extension de ces techniques à d'autres domaines comme l'orthopédie ou la neurochirurgie (traitement des cals vicieux, reconstruction de voûtes crâniennes, etc.).

Les techniques modernes de visualisation en réalité augmentée par lunettes immersives pourraient nous permettre, à l'avenir, de nous affranchir de la fabrication des guides de coupe.

Bibliographie

1. HIDALGO D. Fibula free flap: a new method of mandible reconstruction. *Plast Reconstr Surg*, 1989;84:71-79.
2. MATROS E, DISA JJ. Discussion: Computer-Assisted versus Conventional Free Fibula Flap Technique for Craniofacial Reconstruction. *Plast Reconstr Surg*, 2013;132:1229-1230.
3. FOLEY BD, THAYER WP, HONEYBROOK A *et al*. Mandibular reconstruction using computer-aided design and computer-aided manufacturing: an analysis of surgical results. *J Oral Maxillofac Surg* Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg, 2013;71:111-119.
4. SERUYA M, FISHER M, RODRIGUEZ ED. Computer-assisted versus conventional free fibula flap technique for craniofacial reconstruction: an outcomes comparison. *Plast Reconstr Surg*, 2013;132:1219-1228.
5. COPPEN C, WEIJS W, BERGÉ SJ *et al*. Oromandibular Reconstruction Using 3D Planned Triple Template Method. *J Oral Maxillofac Surg*, 2013;71:243-247.
6. GERSTLE TL, IBRAHIM AMS, KIM PS *et al*. A Plastic Surgery Application in Evolution: Three-Dimensional Printing. *Plast Reconstr Surg*, 2014;133:446-451.

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.

POINTS FORTS

- ➞ Les techniques de reconstruction 3D en rendu volumique sont d'une grande aide pour les chirurgiens maxillofaciaux.
- ➞ La diminution du coût des imprimantes 3D, des consommables et l'accès libre aux logiciels de conception assistée par ordinateur permet à tout le monde de concevoir du matériel sur mesure
- ➞ Il existe actuellement un vide législatif sur l'utilisation des matériels issus du prototypage rapide.
- ➞ L'intégration du matériel imprimé en 3D dans la filière médicale et chirurgicale passe par l'obtention des agréments de l'ANSM après différents tests d'innocuité.
- ➞ La possibilité de fabriquer des guides de coupe sur mesure sans faire appel à des laboratoires extérieurs diminue considérablement les coûts et les durées d'attente pour ce matériel.



5th BODY LIFT COURSE

How to manage excess skin and fat
in aesthetic and reconstructive
indications (with videos)

April 22-23, 2016

Marriott Hôtel Cité Internationale

70, boulevard Charles-de-Gaulle – 69006 LYON



Jean-François PASCAL M.D.
Plastic Surgeon