

استخدام الزرعات المصممة خصيصاً للمرضى في إعادة بناء الفك سفلي بالاعتماد على تقنيات التصميم والطباعة المعدنية ثلاثية الأبعاد - حالة سريرية -

المؤلف: د. محمد بلال إسماعيل*

المشرف: أ. د. خلدون درويش**

الملخص

تعتبر عمليات إعادة بناء عيوب الفك السفلي بعد الاستئصال الورمية أو الأذيات الانفجارية واحدة من أصعب المشاكل التي تواجه جراحي الوجه والفكين. وقد تم سابقاً استخدام العديد من الطعوم الذاتية أو الصناعية في إعادة بناء هذه الأنواع من العيوب. أصبح بالإمكان نتيجة التطور الكبير الحاصل في تقنيات التصوير الشعاعي ثلاثي الأبعاد وبرامج التخطيط الجراحي الافتراضي إجراء تصميم للفك العظمي الناجم عن هذه الأذيات يماثل تماماً الشكل الأساسي للفك بما يضمن استعادة النواحي الجمالية والوظيفية، ومن ثم طباعته باستخدام مواد متقبلة حيوياً عبر تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد الحديثة. في هذه المقالة سنستعرض إجراء تعويض لفك كبير في الفك السفلي ناجم عن عملية استئصال ورم مصورات الميناء سابق عبر تخطيط زرع مصممة خصيصاً للمريض PSI وطباعتها بشكل ثلاثي الأبعاد بمادة التيتانيوم. كانت نتائج العلاج الجمالية والوظيفية ممتازة بعد الجراحة وبدون حدوث مضاعفات. النتائج: تظهر الزرعات المصممة خصيصاً للمرضى PSI نتائج واعدة في الجراحات الترميمية للعيوب العظمية في الوجه والفكين وبسبب التقبل الحيوي الممتاز لمادة التيتانيوم فيمكن الاعتماد عليه بشكل جيد في هذا النوع من الترميمات.

الكلمات المفتاحية: إعادة بناء الفك السفلي، الطباعة المعدنية ثلاثية الأبعاد، الزرعات المصممة خصيصاً للمرضى، التخطيط الجراحي الافتراضي.

* طالب دكتوراه - قسم جراحة الفم والفكين - جامعة دمشق.

** أستاذ - قسم جراحة الفم والفكين - جامعة دمشق.

The Use of Patient-Specific Implants in mandibular reconstruction using 3D design techniques and metal printing - clinical case –

Author: Dr. Mohamad Bilal Ismail*

Supervisor: Prof. Khaldoun Darwich**

Abstract

Reconstructions of mandibular defects after tumor excisions or explosive trauma are one of the most difficult problems facing maxillofacial surgeons. Previously, many autogenous or artificial grafts were used to reconstruct these types of defects.

As a result of the great development in 3D imaging techniques and virtual surgical planning programs, it has become possible to design the bone loss resulting from these injuries completely identical to the basic shape of the jaw to ensure the restoration of aesthetics and functionality, and then print it using biocompatibility materials through modern 3D printing techniques.

In this article, we will review the procedure for reconstruction for a large bone loss in the lower jaw resulting from a previous Ameloblastoma tumor excision through a specially designed implant PSI that is printed in 3D with titanium. The aesthetic and functional treatment results were excellent after surgery and without complications.

Conclusions: The Patient-specific implants PSI show promising results in reconstructive surgeries for bone defects of the maxillofacial and due to the excellent biocompatibility of titanium, it can be relied upon well in this type of restoration.

Key words: mandibular reconstruction, 3D metal printing, Patient-specific implant, Virtual surgical planning.

* PhD degree student - Department of Oral Maxillofacial Surgery - Faculty of Dentistry - Damascus University.

** Prof. - Department of Oral Maxillofacial Surgery - Faculty of Dentistry - Damascus University.

المقدمة:

الفكية ضمن الجوف العنابي. وفي حال تشاركها مع غياب في الاطباق فلا يمكن تقدير الوضع التشريحي الصحيح للقم الفكية أثناء العمل الجراحي، مما يؤدي إلى إعادة بناء غير دقيقة للفك. [6]

يلعب الجانب الوظيفي لعمليات إعادة البناء ما بعد العمل الجراحي دوراً رئيسياً في نوعية حياة المرضى، وقد يؤدي سوء توضع اللقم الفكية إلى حدوث ألم وسوء وظيفي يستمر لفترات زمنية طويلة. [7]

تعتبر المشكلة الأكبر في الطعوم الذاتية التقليدية المستخدمة في عمليات إعادة البناء هي الفشل المرافق لها بسبب ضعف التروية الدموية وتعرضها للإنتان بشكل سريع جداً عند أقل انكشاف للطعم على الوسط الفموي. [8] وتتلخص باقي المشاكل بما يلي:

1. عدم تحقيق التناظر الوجهي Facial symmetry الجيد بعد عمليات إعادة التعويض بسبب الاعتماد على طعوم يتم استخلاصها وتطبيقها بشكل تقديري أثناء العمل الجراحي.
 2. طول زمن العمل الجراحي لأنه يعتمد على إجراء عمليين جراحيين في مكانين منفصلين (مكان أخذ الطعم - ومكان تطبيق الطعم).
 3. الرض الجراحي الأوسع نتيجة وجود مكانين للعمل الجراحي مع احتمالية أكبر لحدوث الإنتان لأحد المكانين أو لكليهما.
 4. الطعم العظمي غالباً لا يكون كافياً بالحجم ولا بالشكل المراد تكييفه مكان الفقد العظمي، وحتى في حال نجاح الطعم فإنه غالباً يتعرض لامتناس نالي كبير قد يشمل 40% أو أكثر من الطعم المزروع. [9, 10]
- ظهرت خلال السنوات الماضية وبالترزامن مع تطور التقنيات الرقمية، خاصة فيما يتعلق بالتصوير الشعاعي المقطعي ثلاثي الأبعاد والبرامج الحاسوبية، طرق تقنية

تعتبر حلول التعويض عن الفقد العظمي والأسنان في عظام الفكين والنتيجة عن الاستئصال الورمية من التحديات الكبيرة، إذ يخضع المريض أولاً لإجراء عمل جراحي واسع بغرض الاستئصال في حالة الأورام أو المعالجة الاسعافية في حال الرضوض الانفجارية، ومن ثم عمل جراحي ثانٍ بعد فترة لإجراء تطعيم عظمي لمنطقة الفقد، والتي كانت تحدث في غالب الأمر عبر أخذ طعم عظمي من ذات المريض (من عظم الحرقفة أو الأضلاع أو عظم الشظية)، وبعدها في حال نجاح الطعم يتم إجراء عمل جراحي ثالث لوضع الزرعات السنية بهدف تعويض الأسنان المفقودة في مكان الفقد العظمي الواسع. [1]

تترك الاستئصالات الورمية لسرطانات الرأس والعنق عادةً تشوهاً في الوجه بعد الجراحة، ويعتبر من الصعب بشكل خاص إعادة بناء الفك السفلي بسبب هيكله المعقد ثلاثي الأبعاد. فعندما يتم إجراء استئصال الفك السفلي لإزالة النسيج المعيب يتغير بشكل كبير محيط الفك السفلي، وتصبح إعادة البناء أكثر صعوبة. علاوة على ذلك، فإن أي تغيير في المحاذاة الهيكلية للفك السفلي قد يؤدي إلى سوء الإطباق مما يسبب اضطرابات وظيفية. [2, 3]

تعتبر عمليات نقل الطعوم العظمية الذاتية المعيار الذهبي لإعادة بناء فقدان العظم الناجم عن الاستئصالات الورمية في منطقة الفكين. يقترن معدل النجاح المرتفع بانخفاض معدل الأمراض في الموقع المانح. وتعتبر إعادة بناء العظم عبر الجراحة المجهرية هي الخيار الأفضل لإعادة البناء في الفك السفلي. [4, 5]

ولكن من الصعب عند استخدام الطعوم الذاتية إعادة بناء الشكل التشريحي للفك السفلي بشكل صحيح في الحالات التي يكون فيها قطع كبير لاستمرارية الفشرة العظمية الخارجية لعظم الفك خاصة التوضع الصحيح للقم

وصف الحالة:

القصة المرضية:

الاسم: ف.ن. العمر: 43. الجنس: ذكر. الحالة الاجتماعية: متزوج
المريض عانى سابقاً من إصابة بورم مصورات الميناء Ameloblastoma في الفك السفلي في الجهة اليمنى، تم على إثره إجراء استئصال للجزء المصاب من الفك مع وضع صفائح عظمية، شملت حدود الاستئصال زاوية الفك السفلي وغالبية الشعبة الصاعدة للراد في الطرف الأيمن. تعرض المريض بعدها لعملية تطعيم عظمي من عظم الحرقفة وتم تثبيت الطعم بواسطة الصفائح والبراغي العظمية.

مرت عدة سنوات على العمل الجراحي دون أي نكس الورم، لكن المريض كان يعاني من سوء في تناظر الوجه مع حدوث امتصاص للطعم العظمي وبعدها حدث انكسار للصفحة العظمية المثبتة للطعم. صورة -1- بعد شرح الإجراءات وأخذ الموافقة الأخلاقية من المريض تقرر إجراء تعويض مصمم خصيصاً للمريض PSI وفق التقنيات ثلاثية الأبعاد الحديثة لحل مشاكل التناظر مع تأمين مائة أفضل للتعويض.



صورة -1- صورة بانورامية قبل العمل توضح الاستئصال العظمي مع الطعم الممتص والصفحة العظمية المكسورة

حديثة استخدمت لتعويض الفقد العظمي الكبير في عظام الوجه والفكين. [11, 12]

تعتمد هذه التقنيات على إجراء تصوير ثلاثي الأبعاد للجمجمة بشكل كامل، وإدخال البيانات الرقمية للصورة الشعاعية إلى برامج حاسوبية خاصة، يتم من خلالها إجراء العمل الجراحي بشكل افتراضي virtual planning على الحاسوب، ومن ثم تصميم تعويض خاص بالمريض للفقد العظمي بشكل ثلاثي الأبعاد بالاعتماد على تحقيق التناظر مع الطرف السليم. [13]

يتم بعدها تصنيع هذا التصميم ثلاثي الأبعاد من مواد متقبلة حيويًا biocompatible وقابلة للتطبيق ضمن الجسم البشري، وغالباً ما يستخدم معدن التيتانيوم الخامل والذي تصنع منه الزرعات السنية والصفائح والبراغي العظمية، ويتم إنجازها وفق طابعات معدن خاصة تستخدم تقنيات الصهر الليزري Selective Laser Sintering (SLS) لإنجاز هذه الأشكال المعقدة أو من خلال المخارط بتقنية الكاد كام CAD-CAM. يسمى هذا النوع من الطعوم بـ الزرعات المصممة نوعياً للمرضى PSI (Patient Specific Implant). [14, 15]

تعد الطباعة ثلاثية الأبعاد تقنية دقيقة وسريعة لإعادة بناء الفك السفلي. يتم استخدام برامج CAD / CAM بشكل متزايد لتصنيع نماذج النماذج الأولية الطبية السريعة medical rapid prototyping (MRP) والزرعات الخاصة بالمريض PSI، والتي يتم استخدامها في العمليات الجراحية الترميمية الفكية مع التكنولوجيا ثلاثية الأبعاد، حيث يتم تقليل الزمن في غرفة العمليات مع انخفاض وقت التعرض للتخدير العام، وتخفيف الرض الجراحي، وانخفاض فقدان الدم مع الإجراء الجراحي الدقيق. [16, 17]

مرحلة التصميم:

تم في البداية إجراء تصوير مقطعي CBCT لكامل الجمجمة للمريض باستخدام جهاز pax i3d Green من شركة vatech الكورية. صورة -2-



صورة -2- التصوير ثلاثي الأبعاد للحالة قبل العمل

تم استيراد ملفات Dicom الناتجة عن التصوير إلى برنامج التصميم الحاسوبي، وقد استخدمنا في هذه الحالة برنامج Mimics من شركة Materialise البلجيكية. صورة -3-

يتيح برنامج التصميم العمل ضمن بيئة ثلاثية الأبعاد قمنا من خلالها بإجراء عملية تقطيع وفصل للعظام بما يعرف باسم Segmentation، حيث قمنا بعزل الفك السفلي عن باقي عظام الجمجمة. صورة -4-

بعدها قمنا بواسطة البرنامج الحاسوبي وضمن سلسلة خطوات برمجية معقدة بتصميم شكل PSI في الطرف المصاب بما يناظر الطرف السليم، وقمنا بتحري مدى التناظر في كل المستويات من خلال ميزة التناظر Mirroring. صورة -5-

تم تصميم PSI بما يشبه جسم الفك السفلي مع الزاوية والشعبة الصاعدة واللقمة الفكسية والتي تم دراسة مكانها بدقة

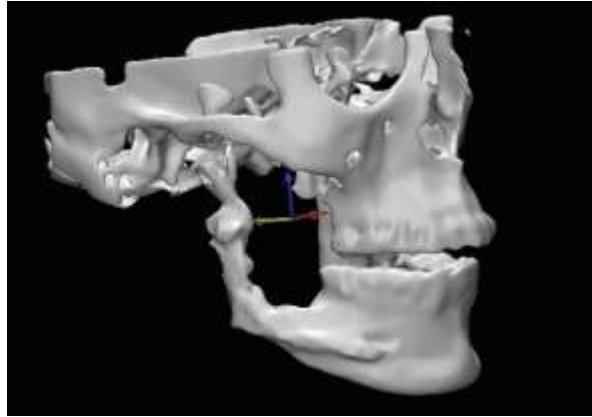
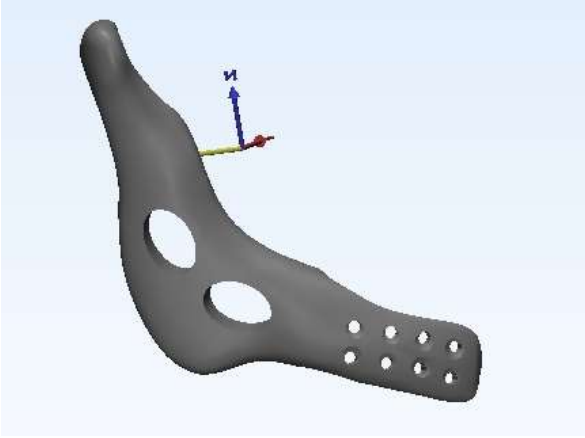
ضمن الجوف العنابي، كما تم تصميم امتدادات لل PSI مزودة بتقويب موافقة لأقطار براغي التثبيت العظمية، وترتكز هذه الامتدادات على جسم الفك في الجانب الأيمن لضمان ثباتها. تم تصميم فراغات ضمن PSI بغرض تخفيف الوزن واستخدام هذه الفراغات في ربط العضلات والنسج المحيطة بالتعويض أثناء الخياطة. صورة -6-

تم تصدير قطع العظم والتعويض بشكل ملفات STL، وقمنا بطباعة جسم الفك مع الـ PSI بمادة الريزين عبر الطابعة Moai 130 SLA من شركة Peopoly الأمريكية بدقة 50 ميكرون، وكان الغرض تحري مدى دقة التصميم وتلافي حدوث أي مشاكل قبل الطباعة النهائية للتعويض. صورة -7-

بعد التأكد من جودة التصميم قمنا بإجراء طباعة معدنية ثلاثية الأبعاد للتعويض المصمم عبر تقنية SLS selective laser sintering في مختبرات متخصصة في شركة Materialise بلجيكا وتم استخدام خليطة بودرة التيتانيوم Ti6Al4V والتي تصنف على أنها من الدرجة الخامسة Grade5 في طباعة التعويض وبدقة طباعة 25 ميكرون. صورة -8-

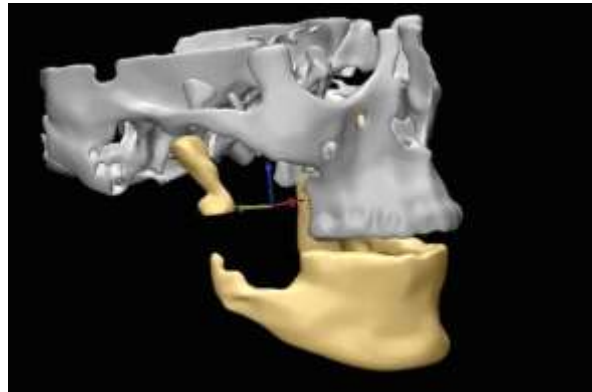
تم تجهيز المريض للعمل الجراحي وأخذ الاستشارات وعمل الفحوصات والتحليل الطبية اللازمة وتم إجراء العمل تحت التخدير العام .

صورة 5- التصميم المتوافق مع الشكل الخارجي للفك.



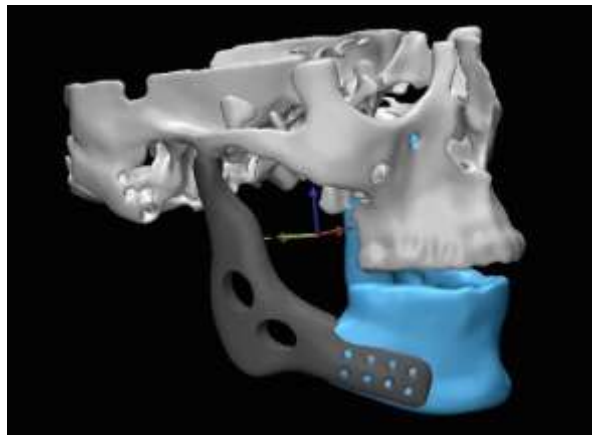
صورة 3- استيراد ملفات التصوير إلى برنامج التصميم.

صورة 6- شكل ال PSI المشابه للراد مع مناطق براغي التثبيت.



صورة 4- عزل الفك المصاب عبر برنامج التصميم.

صورة 7- الطباعة ثلاثية الأبعاد للفك من مادة الريزين.



الموجودة ضمن مناطق الارتكاز على عظم الفك باستخدام البراغي العظمية الجراحية. صورة -14- وبعدها تم اختبار حركات الفتح والاعلاق مع مراقبة حركة اللقمة الطبيعية ضمن الجوف العنابي. صورة -15-

تم إجراء الخياطة الجراحية الداخلية عبر طبقات بخيوط قابلة الامتصاص والاستعانة بالفراغات الموجودة ضمن جسم PSI من أجل ربط وثبات النسج عليها. وتم خياطة الجرح الجلدي بواسطة خيوط النايلون 5 أصفار للحصول على نتيجة جمالية جيدة للجرح. صورة -16-



صورة -9- المداخل الجراحية لكشف المنطقة.



صورة -10- كشف الصفيحة العظمية المكسورة.

صورة -8- طباعة ال PSI من مادة التيتانيوم والتأكد من انطباقه.

المرحلة الجراحية:

تم إجراء العمل الجراحي من خلال مدخلين جراحيين الأول مدخل تحت الفك والثاني مدخل أمام الأذن دون إجراء اتصال جلدي فيما بينهما، وكان الهدف كشف المنطقة بشكل جيد، وتطبيق ال PSI بشكل ملائم ومراقبة توضع اللقمة داخل الجوف العنابي وحماية فروع العصب الوجهي. صورة -9-

تم البدء بالمدخل تحت الفك وتم تسليخ الطبقات وفق الأصول الجراحية حتى الوصول إلى الصفيحة العظمية القديمة المكسورة وكشفها بشكل كامل. صورة-10- تمت إزالة الصفيحة الجراحية القديمة وبراغي التثبيت ومن ثم تم كشف العظم الذي سيرتكز عليه التعويض PSI في المنطقة الذقنية في الجانب الأيمن.

تم بعدها شق المدخل أمام الأذن تم كشف منطقة الجوف العنابي وتم استئصال اللقمة الفكية في الجانب الأيمن صورة -11-

تم عمل تسليخ بشكل نفق تحت طبقات الجلد والعضلات بين المدخل تحت الفك والمدخل أمام الأذن لتسهيل مرور ال PSI وضمان عدم حدوث أذيات لفروع العصب الوجهي. صورة -12-

تم إجراء قطع عظمي بسيط في مكان ارتكاز ال PSI على عظم الفك بالاستعانة بالنماذج المطبوعة من مادة الريزين للحصول على انطباق تام للتعويض، ثم تم تمرير ال PSI ضمن النفق التي تم إعداده لإيصال اللقمة الفكية إلى مكانها الصحيح في الجوف العنابي. صورة-13-

عند استقرار التعويض PSI في مكانه تم التأكد من انطباقه في الطرفين مع التوضع الصحيح للقمة الصناعية في الجوف العنابي، ومن ثم تم تثبيته من خلال الثقوب



صورة -14- تثبيت PSI في المكان الصحيح.



صورة -11- استئصال اللقمة الفكوية المتبقية.



صورة -15- مراقبة حركة اللقمة في مكانها ضمن الجوف العنابي.



صورة -12- تسليخ نفق العبور إلى الجوف العنابي.



صورة -16- الخياطة الجراحية للشقوق الجراحية عبر طبقات.



صورة -13- تطبيق PSI ضمن النفق المعد لمروها

المتابعة بعد الجراحة:

تمت متابعة المريض وتطبيق الضمادات على الجرح
لحين شفاؤه، وتم عمل تصوير شعاعي CBCT بعد العمل
الجراحي لتحري درجة دقة انطباق الـ PSI على عظام الفك
وتماذي للشكل الخارجي للفك السفلي وانسجامه مع الشكل
العالم للوجه. صورة -17-

المناقشة:

تسبب العيوب العظمية الجانبية في منطقة الفك السفلي والتي تشمل الشعبة الصاعدة واللقمة الفكية مشاكل جمالية وسوء في التناظر الوجهي. وينتج عنها آثار سلبية واضحة على آليات المضغ. إن إعادة بناء اللقمة الناجحة له تأثير كبير على وظيفة الفك السفلي أثناء المضغ. وقد أظهرت الدراسات أن أوضاع اللقمة الفكية ضمن الجوف العنابي بعد الجراحة كانت أكثر دقة في المرضى الذين أعيد بناء الفك لديهم باستخدام منهجية الـ CAD-CAM مقارنة مع المرضى الذين أعيد لهم بناء الفك باستخدام صفائح إعادة البناء التجارية التقليدية، وهذا مهم جداً لأنه يمكن أن يؤثر في النشاط الوظيفي لوظيفة المفصل الفكي الصدغي وعملية المضغ، وهذا ما وجدناه بعد تنفيذنا لهذه الحالة. [18]

تتلخص مميزات الطريقة المتبعة مقارنة مع خيارات التقليدية بالنقاط التالية:

1. تحقيق التناظر الوجهي بشكل فعال ودقة النتائج الجمالية.
2. ترميم العيوب التشريحية المعقدة هندسياً.
3. تقليص زمن العمل الجراحي.
4. انطباق وتشكيل أفضل للزرعات المصممة خصيصاً للمرضى مقارنة بالطعوم الذاتية.
5. التغلب على عيوب الطعوم العظمية الذاتية (عمل جراحي ثاني - اختلاطات بعد العمل الجراحي - انتانات - فشل الطعم ...).
6. إمكانية إجراء الاستئصال الجراحي للأورام والتعويض في نفس الجلسة.

تظهر الدراسة المقدمة أن طريقة إعادة البناء باستخدام التخطيط الافتراضي والزرعات المصممة خصيصاً للمرضى تبدو أداة دقيقة للغاية وموثوقة لإعادة بناء الفك السفلي.

كما تم إجراء فحص حركات المفصل الفكي الصدغي بعد أسبوع وأُسبوعين وشهر وثلاثة أشهر بعد العمل الجراحي للتأكد من الحركة الطبيعية للفك السفلي وعدم وجود أي أعراض مفصلية ناجمة عن سوء توضع اللقمة ضمن الجوف العنابي.



صورة -17- مطابقة النتيجة قبل وبعد العمل الجراحي.

خاصة فيما يتعلق بوظيفة المفصل الفكي الصدغي وإعادة التأهيل الاصطناعي وتتفق بذلك مع دراسة Mascha خاصة عند استخدام الزرعات المصممة خصيصاً للمرضى والمعتمدة على مواد صناعية حيوية فقط دون طعوم عظمية أخرى. [19]

الخلاصة:

تتميز هذه التقنية بتقديم خدمات جلية للمرضى المصابين بفقدان عظمي مادي في عظام الفكين سواء أكانت بسبب استئصالات ورمية أو أذيات انفجارية.

وتعتبر من التقنيات الواعدة جداً والتي ستخلق ثورة في مجال جراحة الوجه والفكين في مجالات إعادة البناء الترميمية للفكين وعظام الوجه Reconstructive maxillofacial surgery، ولحل الكثير من المشاكل الجراحية المعقدة في هذه المنطقة الحيوية الهامة من الجسم. وهي تمهد لإجراء أبحاث مستقبلية متقدمة حول فعالية هذه الطريقة ودقة انطباق التخطيط الجراحي الافتراضي مع النتيجة بعد العمل الجراحي، وكذلك في قياس مستوى قبول المريض ونوعية الحياة بعد هذه الإجراءات الجراحية.

المراجع:

9. Foley, B.D., et al., *Mandibular reconstruction using computer-aided design and computer-aided manufacturing: an analysis of surgical results*. J Oral Maxillofac Surg, 2013. **71**(2): p. e111-9.
10. Hanasono, M.M. and R.J. Skoracki, *Computer-assisted design and rapid prototype modeling in microvascular mandible reconstruction*. The Laryngoscope, 2013. **123**(3): p. 597-604.
11. Hayden, R.E., D.P. Mullin, and A.K. Patel, *Reconstruction of the segmental mandibular defect: current state of the art*. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg, 2012. **20**(4): p. 231-6.
12. van Baar, G.J.C., et al., *Accuracy of computer-assisted surgery in mandibular reconstruction: A systematic review*. Oral Oncol, 2018. **84**: p. 52-60.
13. Liu, X.J., et al., *Applying computer techniques in maxillofacial reconstruction using a fibula flap: a messenger and an evaluation method*. J Craniofac Surg, 2009. **20**(2): p. 372-7.
14. Bosc, R., et al., *Mandibular reconstruction after cancer: an in-house approach to manufacturing cutting guides*. Int J Oral Maxillofac Surg, 2017. **46**(1): p. 24-31.
15. Ibrahim, D., et al., *Dimensional error of selective laser sintering, three-dimensional printing and PolyJet™ models in the reproduction of mandibular anatomy*. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 2009. **37**(3): p. 167-173.
16. Cohen, A., et al., *Mandibular reconstruction using stereolithographic 3-dimensional printing modeling technology*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics, 2009. **108**(5): p. 661-666.
17. Mazzola, F., et al., *Time and cost-analysis of virtual surgical planning for head and neck reconstruction: A matched pair analysis*. Oral Oncol, 2020. **100**: p. 104491.
18. Ciocca, L., et al., *CAD/CAM guided secondary mandibular reconstruction of a*
1. De Maesschalck, T., D.S. Courvoisier, and P. Scolozzi, *Computer-assisted versus traditional freehand technique in fibular free flap mandibular reconstruction: a morphological comparative study*. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology, 2017. **274**(1): p. 517-526.
2. Smolka, K., et al., *Fibula free flap reconstruction of the mandible in cancer patients: evaluation of a combined surgical and prosthodontic treatment concept*. Oral oncology, 2008. **44**(6): p. 571-581.
3. Fang, J.J., et al., *Complex facial deformity reconstruction with a surgical guide incorporating a built-in occlusal stent as the positioning reference*. J Craniofac Surg, 2013. **24**(3): p. e260-5.
4. Bak, M., et al., *Contemporary reconstruction of the mandible*. Oral Oncology, 2010. **46**(2): p. 71-76.
5. Zheng, G.S., et al., *Mandibular reconstruction assisted by preoperative simulation and accurate transferring templates: preliminary report of clinical application*. J Oral Maxillofac Surg, 2013. **71**(9): p. 1613-8.
6. Sander, A.K., et al., *Freehand condyle-positioning during orthognathic surgery: postoperative cone-beam computed tomography shows only minor morphometric alterations of the temporomandibular joint position*. Journal of Craniofacial Surgery, 2015. **26**(5): p. 1471-1476.
7. Kim, B.-J., et al., *Customized Cranioplasty Implants Using Three-Dimensional Printers and Polymethyl-Methacrylate Casting*. J Korean Neurosurg Soc, 2012. **52**(6): p. 541-546.
8. Ciocca, L., et al., *Accuracy of fibular sectioning and insertion into a rapid-prototyped bone plate, for mandibular reconstruction using CAD-CAM technology*. J Craniomaxillofac Surg, 2015. **43**(1): p. 28-33.

- discontinuity defect after ablative cancer surgery. J Craniomaxillofac Surg, 2012. 40(8): p. e511-5.*
19. Mascha, F., et al., *Accuracy of computer-assisted mandibular reconstructions using patient-specific implants in combination with CAD/CAM fabricated transfer keys. J Craniomaxillofac Surg, 2017. 45(11): p. 1884-1897.*