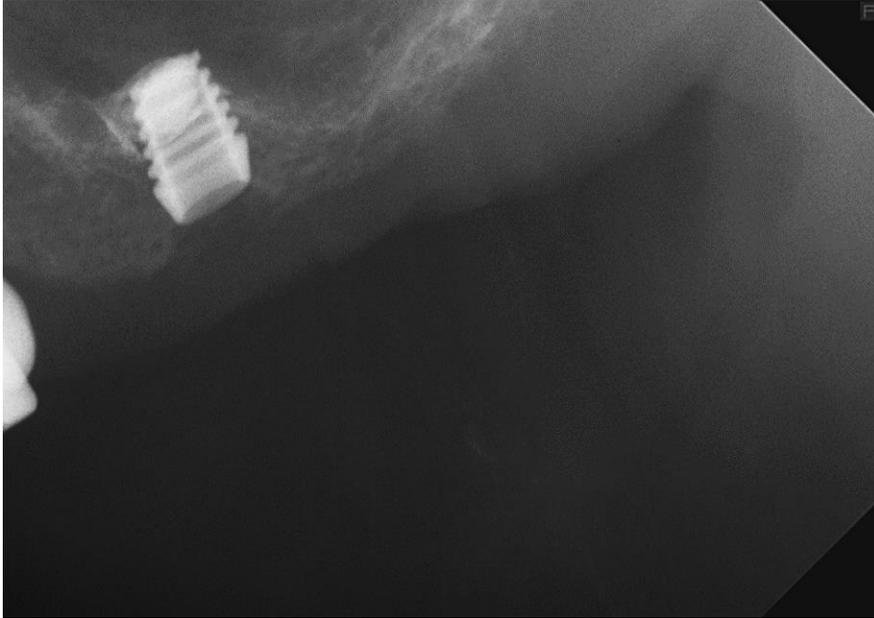


# الدليل الجراحي الموجه لعملية الزرع السني

## Dental Implant Surgical Guide

**Dr Modar Ahmad**  
**D.D.S, M.Sc., Ph.D.,**  
*in Prosthodontics and Dental Implantology*

# مقدمة



• توفر زراعة الأسنان حلولًا وظيفية وجمالية طويلة الأمد لحالات الفقد السني الجزئي أو الكامل. ويُعتبر تحقيق التموضع المثالي للزرعة عاملًا حاسمًا في نجاح المعالجة، نظرًا لارتباطه الوثيق بالبنى التشريحية الحساسة، مثل العصب السنخي السفلي أو الجيب الفكي العلوي، فضلًا عن تأثيره المباشر على الاستقرار الميكانيكي للتعويض النهائي

# CBCT



• مع تطور تقنيات التصوير ثلاثي الأبعاد (CBCT) والمسح الرقمي (IOS) ، أصبح بالإمكان اعتماد نهج جديد في التخطيط العلاجي، يقوم على دمج هذه المعطيات ضمن برمجيات مخصصة لتصميم دليل جراحي موجه بدقة، يُستخدم أثناء الجراحة لتوجيه أدوات الحفر والزراعة، مما يقلل من الانحرافات الخطية والزاوية بشكل ملحوظ مقارنةً بالزرع الحر.

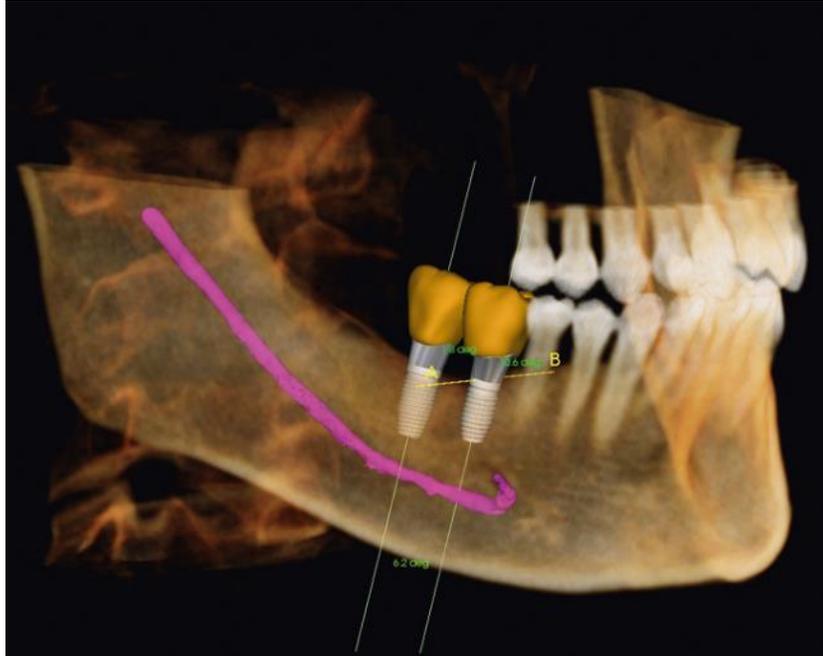
# Surgical Guide



- وقد أثبتت الدراسات أن استخدام الأدلة الجراحية المطبوعة ثلاثيًا يُحسّن من دقة التموضع، ويُسهّم في تقليل اختلاطات ما بعد الجراحة، وزمن العمل، ودرجة عدم اليقين أثناء التنفيذ السريري، لا سيما في الحالات المعقدة أو ذات المسافة التشريحية المحدودة .
- مع ذلك، تبقى هناك تساؤلات مطروحة حول مدى تأثير نوع البرمجية المستخدمة في تصميم الدليل على دقة النتائج، حيث تختلف البرامج من حيث خوارزميات التوجيه، وتفاعل المستخدم، وطريقة معالجة البيانات. ومن هنا، تبرز الحاجة إلى دراسات تطبيقية تقارن بين هذه الأنظمة في بيئة مضبوطة، لتحديد مدى انتظام المخرجات التصميمية، خصوصًا في النقاط الحساسة مثل الحد القاطع للأسنان، والتي تُعد مؤشرًا عمليًا على دقة الطباعة والتصميم

## المبادئ التشريحية المرتبطة بالزرع السني

- تلعب المعرفة الدقيقة بالبنى التشريحية للفك العلوي والسفلي دورًا محوريًا في نجاح المعالجة بالزرعات السنية، إذ يعتمد التموضع الصحيح للزرعة على تجنب الأذية المباشرة للهيكل الحيوية المجاورة. ففي الفك العلوي، يُشكّل الجيب الفكي عائقًا شائعًا أمام الزرع، خصوصًا عند تراجع الارتفاع العظمي بعد فقد السني، الأمر الذي يستدعي أحيانًا إجراءات إضافية مثل رفع أرضية الجيب لضمان الاستقرار الأولي للزرعة. أما في الفك السفلي، فيُعد العصب السنخي السفلي من أهم المعالم التشريحية التي يجب تحديد موقعها بدقة باستخدام التصوير الشعاعي ثلاثي الأبعاد، حيث يمكن لأي اختراق غير مقصود أن يؤدي إلى أعراض عصبية مزمنة كالتهميل أو الألم العصبي.

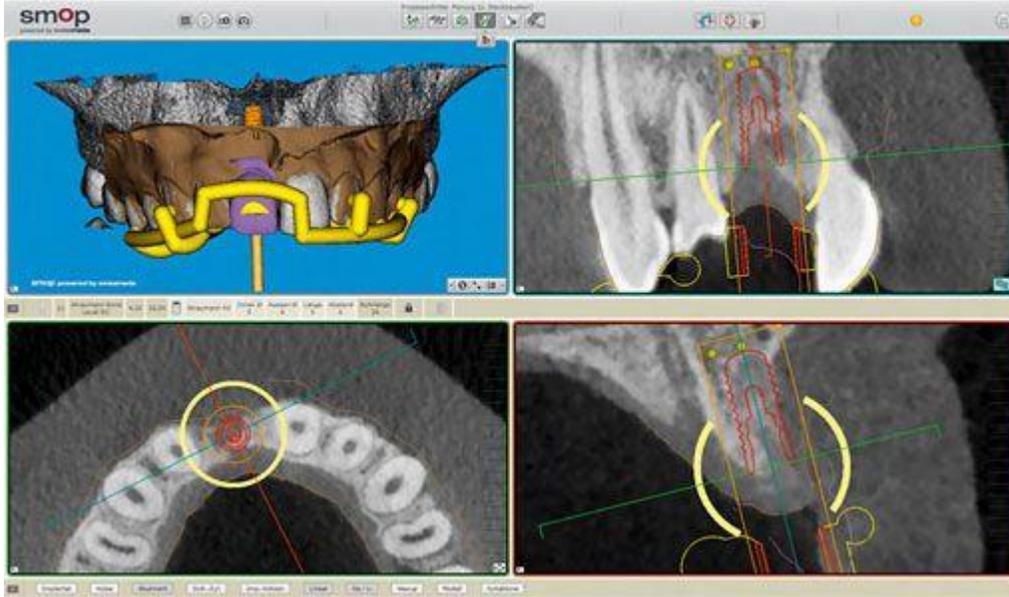


## أهمية التموضع ثلاثي الأبعاد للزرعة السنية

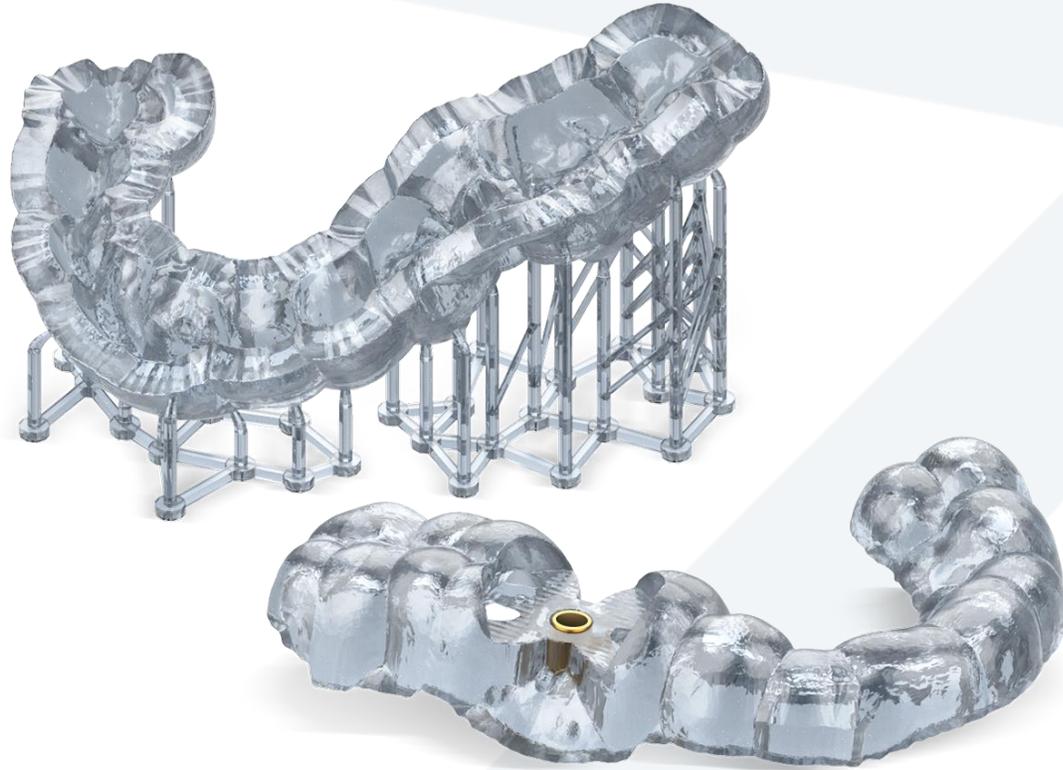
• يشمل:

- الموضع التاجي
- الموضع الأنسي-الوحيشي
- الموضع القمي
- زاوية الإدخال والعمق

• أي انحراف بسيط قد يؤدي إلى فشل سريري أو تعويضي

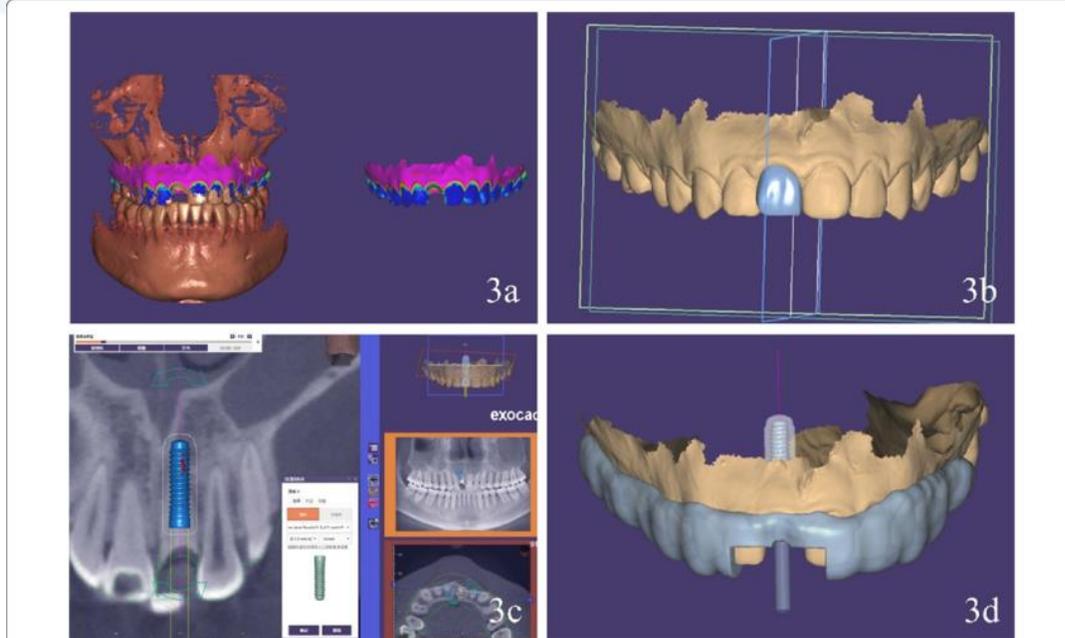


# 3D Surgical Guide Printing



- ساهم هذا التحول الرقمي في رفع دقة التخطيط الجراحي بشكل كبير، حيث بات بالإمكان تحديد موضع الزرعة واتجاهها وعمقها بدقة ميكرونية، مع الأخذ بعين الاعتبار العوامل التشريحية المحيطة مثل العصب السنخي، الجيوب الفكية، الجذور المجاورة، والفراغ التعويضي المستقبلي. كما سمحت تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد (SLA) أو (DLP) بإنتاج أدلة جراحية عالية الدقة مصنوعة من راتنجات ضوئية متوافقة حيويًا، مما عزز من موثوقية التطبيق السريري

## تقنيات التصوير الرقمي في الزرع السني (IOS - CBCT)



لتصميم الدليل CBCT مع IOS مراحل دمج

• أحدثت تقنيات التصوير الرقمي CBCT والمسح داخل الفم (IOS) نقلة نوعية في دقة تخطيط الزرعات السنية. يوفر تصوير CBCT معلومات ثلاثية الأبعاد دقيقة حول الكتلة العظمية، الجيوب الفكية، والقناة السنخية، ما يسهم في تحسين الأمان التشريحي أثناء الزرع. أما المسح الرقمي داخل الفم، فيُعد بديلاً عالي الدقة عن الطبقات التقليدية، حيث يوفر نموذجًا ثلاثي الأبعاد للسطوح السنية واللثوية بدقة تكرارية ممتازة وراحة أكبر للمريض.

# تطور الدليل الجراحي الموجه

• شهد مفهوم الدليل الجراحي الموجه تحولاً نوعياً في السنوات الأخيرة، بالتزامن مع تطور تقنيات التصوير والتصميم الرقمي. فبعد أن كانت الأدلة تُصنع يدوياً باستخدام قوالب شمعية ونماذج جبسية تقليدية، أصبح بالإمكان اليوم تصميمها رقمياً بالاعتماد على دمج صور الأشعة ثلاثية الأبعاد (CBCT) بصيغة (DICOM) مع نماذج السطح المسوَّحة داخل الفم (IOS) بصيغة (STL)، ضمن برمجيات متخصصة مثل **3D Shape Implant Studio** و [6] [5]

## Dentiq Guide

• ساهم هذا التحول الرقمي في رفع دقة التخطيط الجراحي بشكل كبير، حيث بات بالإمكان تحديد موضع الزرعة واتجاهها وعمقها بدقة ميكرونية، مع الأخذ بعين الاعتبار العوامل التشريحية المحيطة مثل العصب السنخي، الجيوب الفكّية، الجذور المجاورة، والفراغ التعويضي المستقبلي. كما سمحت تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد

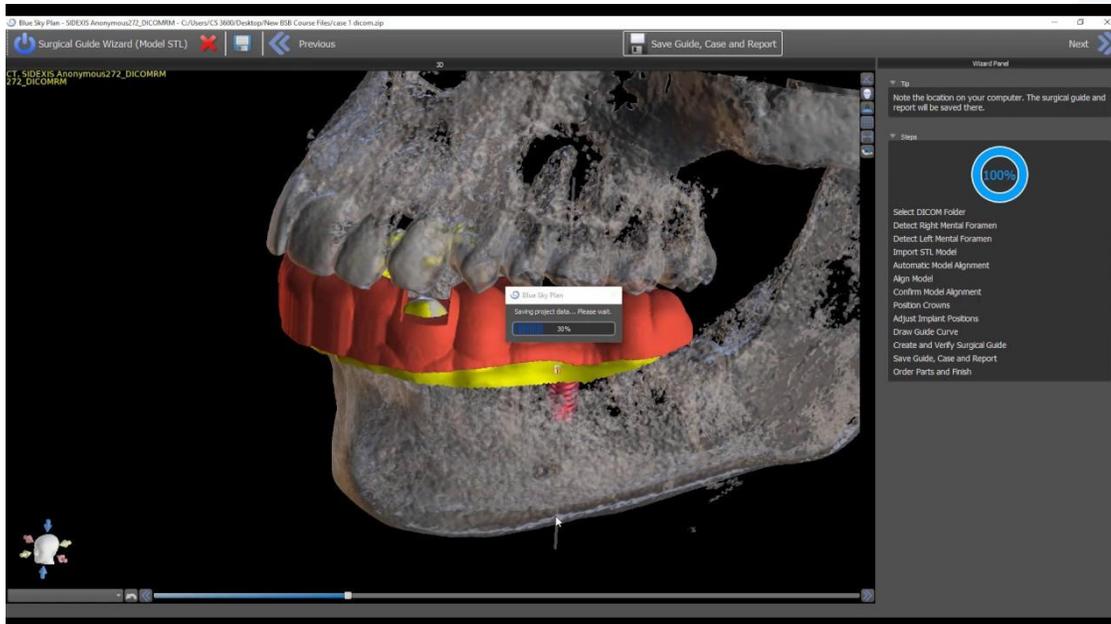


## تطور تصميم الدليل الجراحي من يدوي إلى رقمي

# CAD



- تُعد برمجيات التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) والتصنيع الرقمي (CAM) من العناصر الأساسية في workflow الزرع السني الموجه. فهي تتيح للطبيب دمج بيانات CBCT بصيغة DICOM مع ملفات المسح الرقمي بصيغة STL ، ضمن بيئة ثلاثية الأبعاد تساعد على تحديد موضع الزرعة بدقة، وتوليد تصميم قابل للطباعة لدليل جراحي مخصص



# DICOM To STL

- يسمح دمج بيانات CBCT مع ملفات STL داخل برامج التخطيط الزراعي بإنتاج خطة افتراضية دقيقة، تُترجم لاحقًا إلى دليل جراحي مخصص. وقد أثبتت الدراسات أن هذا الدمج يُخفض من نسب الانحراف ويزيد من توافق التعويض النهائي مع موضع الزرعة المزروعة فعليًا.
- تسمى ملفات CBCT بملفات Dicom وتعني ملفات الأشعة الطبية.
- تعبر STL عن ملف المسح الرقمي من الماسح الفموي أو المخبري.





الدليل السني



الدليل المخاطي



الدليل العظمي

## تصنيفات الأدلة الجراحية الموجهة

- في الحالات المدعومة بأسنان ثابتة، مما يعزز موثوقيتها في التطبيقات السريرية والجامعية
- تُصنّف الأدلة الجراحية الموجهة الى عدة محاور تقنية وهندسية تهدف إلى تحسين دقة الزرع وتكييف التصميم مع خصوصية الحالة السريرية. ويُعد التصنيف حسب نوع الارتكاز من أبرزها
- **الدليل السني (Tooth-supported)** الأكثر دقة واستقرارًا، ويُستخدم عند وجود أسنان مجاورة للفقد .
- **الدليل المخاطي (Mucosa-supported)** يُستخدم في حالات الفقد الكامل، لكنه أقل ثباتًا وقد يتطلب دبابيس للثبيت
- **الدليل العظمي (Bone-supported)** يُطبق مباشرة على العظم المكشوف، ويوفر ثباتًا عاليًا لكنه يتطلب رفع شريحة جراحية .

نوع الدليل الجراحي	الارتكاز	الاستطباب	درجة الثبات	الدقة الشعاعية	القيود
سنّي (Tooth-supported)	على الأسنان الطبيعية	فقد جزئي مع أسنان داعمة	عالية	الأعلى ( $1 >$ مم)	يحتاج لأسنان متبقية كافية
مخاطي (Mucosa-supported)	على النسج المخاطية	فقد كامل بدون أسنان	منخفضة – تحتاج دبابيس	الأدنى ( $1 <$ مم)	دبابيس – غير مناسب لحركة النسج
عظمي (Bone-supported)	على العظم المكشوف بعد الرفع	حالات جراحية مع رفع أو تعديل عظمي	مرتفعة بعد التثبيت العظمي	متوسطة ( $1-1.5$ مم)	يحتاج لفتح شريحة – تدخل جراحي أوسع

## تُصنّف الأدلة حسب الامتداد الهندسي

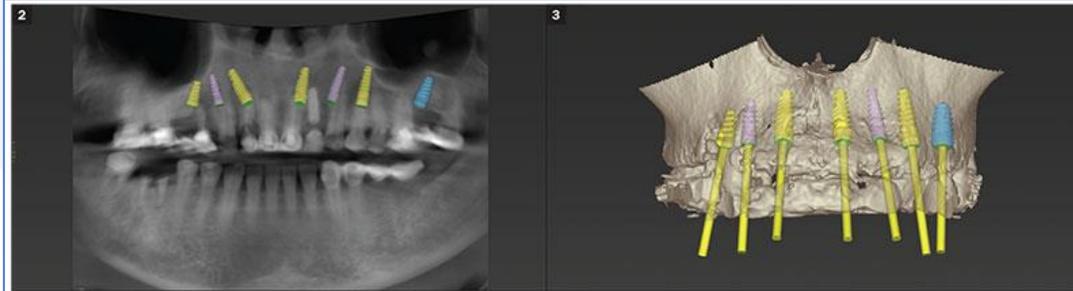
• كاملة القوس مناسبة لحالات التعويض الكامل مثل All-on-4، وتُنبت غالبًا بدبابيس

• جزئية/قصيرة: تُستخدم في الزرعات الموضعية، وتُعد أكثر

شيوعًا في الممارسة اليومية

• متعددة القطع (Stackable) تُستخدم في الحالات المعقدة

وتتيح تنفيذ مراحل متعددة في جلسة واحدة



Figures 2 and 3. Proposed treatment plan using 3D reconstruction views through 3D Diagnostix (3DDX).

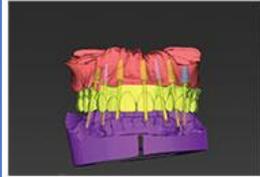
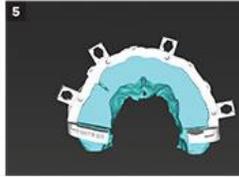


Figure 4. The 3DDX virtual treatment plan in relation to the wax-up and in occlusion to articulated mandibular models.



Figures 5 and 6. Digital design of the bone reduction guide (CoDiagnostiX (3DDX)).

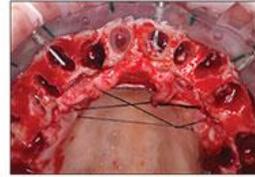
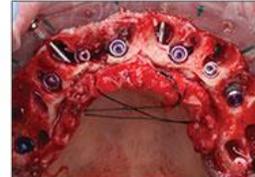


Figure 7. The remaining teeth were atraumatically extracted, a flap was reflected, and the bone level guide was secured with retention pins.



تصميم وتنفيذ دليل كامل القوس مع تقليل عظمي

## الأدلة الجراحية متعددة القطع (Stackable)

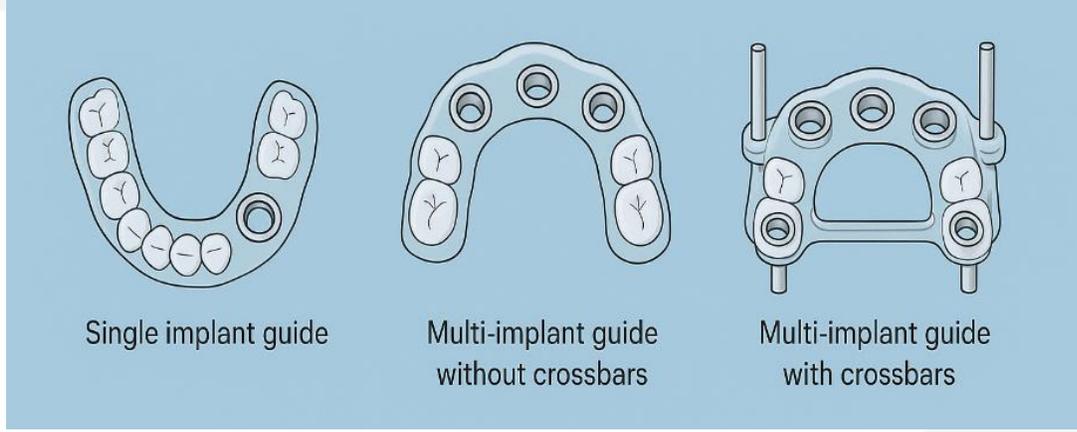


دليل جراحي متعدد القطع



Stackable

## تُصنّف الأدلة حسب الامتداد الهندسي وعدد الزرعات



### الأدلة حسب عدد الزرعات ودعائم التعزيز

• وتُضاف إلى هذه التصنيفات عوامل أخرى مثل عدد الزرعات، والحاجة إلى دعائم عرضية (Crossbars)، ونمط التوجيه (كامل - جزئي - غير موجّه)، وكلها تؤثر بشكل مباشر على الدقة والثبات أثناء الجراحة

### • الأدلة حسب عدد الزرعات

- زرعة واحدة
- متعددة بدون دعم
- متعددة مع دعائم عرضية (Crossbars)
- زيادة الدعم = زيادة الدقة والثبات

نوع الدليل	عدد الزرعات	وجود دعامات	الثبات والدقة
أحادي الزرعة	1زرعة	لا	عالي جيد
متعدد الزرعات بدون دعم	2أو أكثر بلا(Crossbars)	لا	متوسط، قابل للانحراف
متعدد الزرعات مع دعم عرضي	$\geq 2$ زرعات	نعم(Crossbars + Pins)	أعلى دقة وثبات قوي

## الأدلة حسب نمط التوجيه



• يُصنف الدليل الجراحي أيضاً بحسب مدى مشاركته في توجيه خطوات الحفر والغرس:

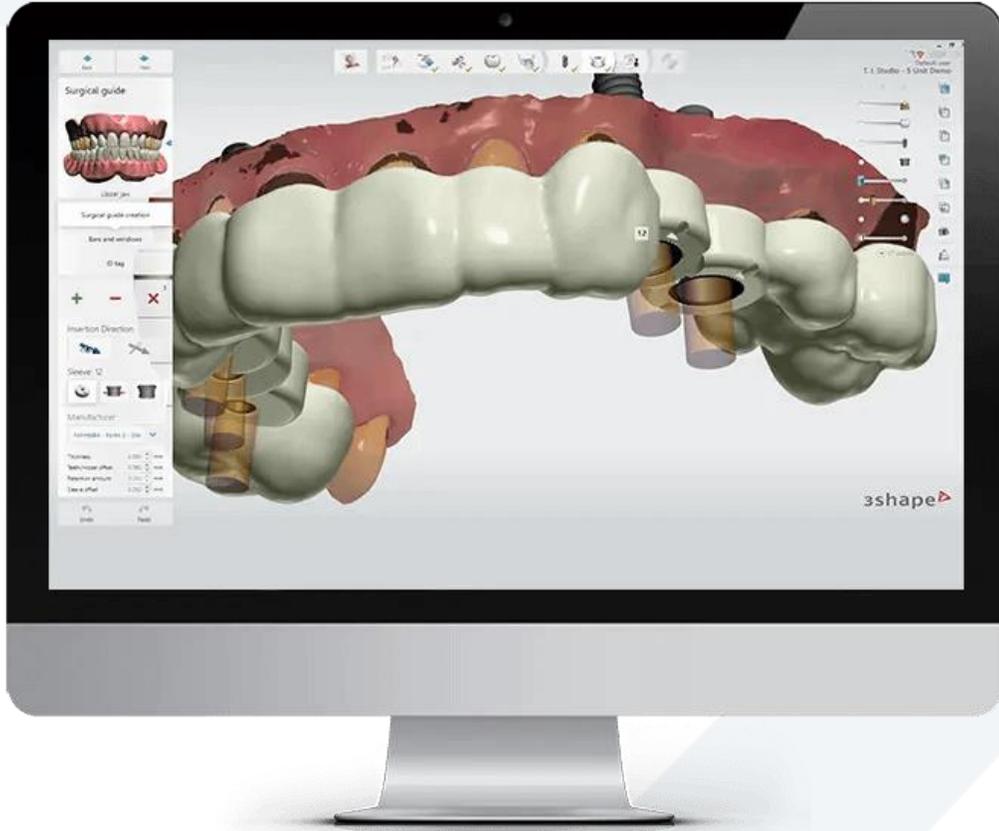
1. **الموجه بالكامل**، يتحكم الدليل بجميع مراحل الإجراء باستخدام حلقات معدنية تضمن دقة العمق والزاوية، ما يجعله الخيار الأكثر أماناً خاصة في الحالات المعقدة.

2. **النمط النصف موجه**، فيقتصر التوجيه فيه على الحفر التجريبي، وتُستكمل باقي الخطوات يدوياً، مما يقلل من التكلفة لكنه يعتمد على خبرة الجراح. في المقابل

3. يُستخدم **النمط غير الموجه** لتحديد موضع البداية فقط، دون أي توجيه إضافي، ويُعد الأقل دقة والأكثر بساطة، لكنه يحمل مخاطر أعلى إذا استُخدم في مناطق تشريحية حرجة.

الخبرة المطلوبة	الدقة	مراحل موجهة عبر الدليل	نوع التوجيه
قليلة	مرتفعة جدًا	جميع مراحل الحفر	كامل
متوسطة	متوسطة	المرحلة الأولى فقط (Pilot Drill)	نصف موجّه
مرتفعة جدًا	منخفضة	فقط تحديد الموقع التجريبي	غير موجّه

## تصميم الدليل الجراحي الرقمي



- يمر تصميم الدليل الجراحي الرقمي بعدة مراحل تبدأ بدمج صور CBCT بصيغة DICOM مع نموذج السطوح الفموية الممسوحة رقمياً (STL) ، باستخدام برمجيات مثل 3D Shape أو Dentiq Guide. يسمح هذا الدمج بتحديد موضع الزرعة الافتراضي بدقة، مع مراعاة البنى التشريحية والفراغ التعويضي.

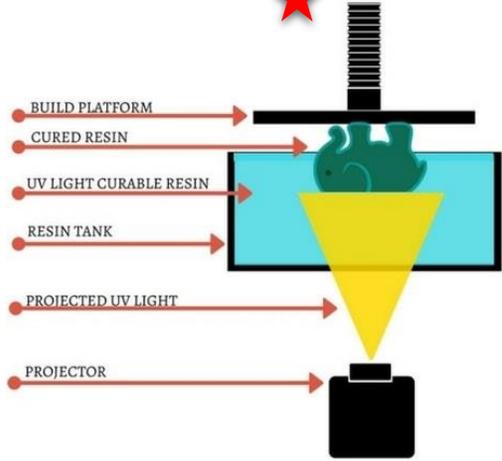
## تصميم الدليل الجراحي الرقمي



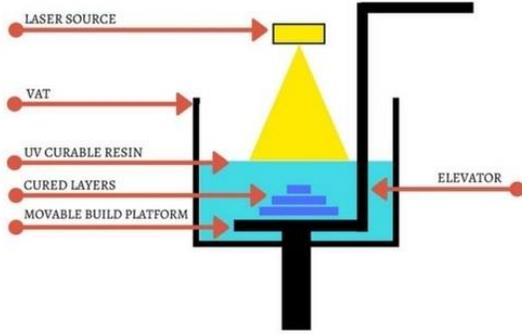
• يتم تحديد نقاط ثلاثة نقط مرجعية للدمج بين صورة CBCT وما بين المسح الرقمي للغم أو المثال الجبسي، وغالبا ما تكون هذه لنقط هي زوايا القواطع الأنسية نظرا للقدرة على دقة تحديدها.

• اذا كنا أمام حالة درد كامل يتم تصنيع تعويض متحرك تلتصق عليه نقط ظليلة (أقماع كوتابيركا مثلا) لتكون نقط علامة على الصور الشعاعية وأثناء المسح الفموي.

DLP



SLA



## تصميم الدليل الجراحي الرقمي

• بعد تحديد الموضع، تُصمم الحفر التوجيهية ويُؤدّ نموذج STL للدليل، ثم يُرسل إلى الطابعة ثلاثية الأبعاد. وغالبًا ما تُستخدم طابعات من نوع SLA أو DLP لما توفره من دقة عالية في الطباعة باستخدام راتنجات ضوئية متوافقة حيويًا. وقد أثبتت التجربة أن التزامن بين التخطيط الرقمي والتصنيع ثلاثي الأبعاد هو ما يمنح الدليل خصائصه الدقيقة من حيث الثبات والانطباق أثناء الجراحة

• تُعد هذه العملية حلقة وصل حاسمة بين التخطيط الافتراضي والتنفيذ السريري، ويؤثر أي خطأ فيها على دقة الزرعة النهائية.



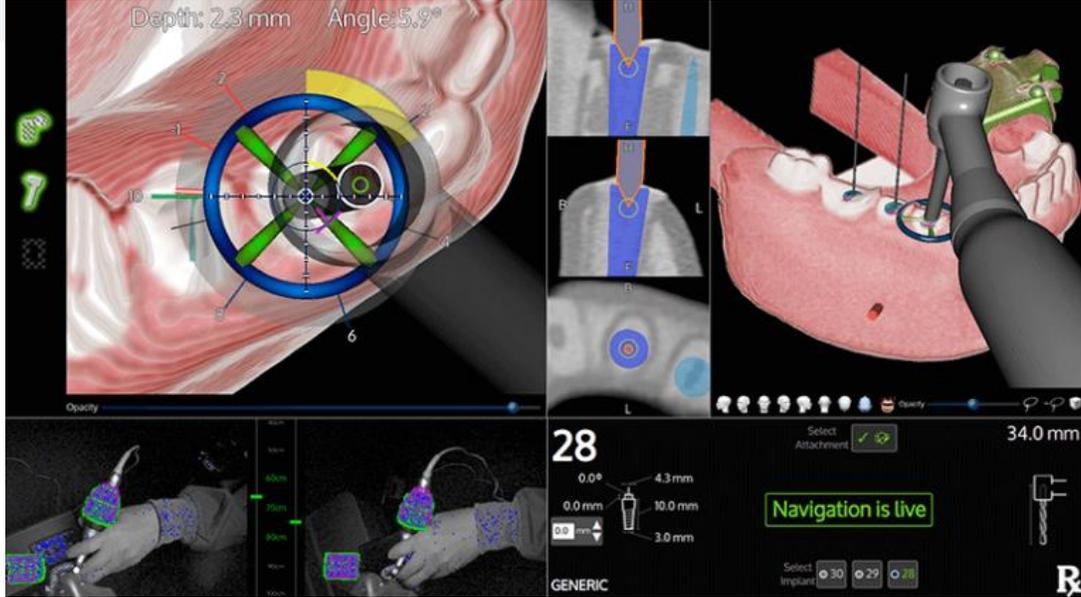
## الأدوات المستخدمة مع الدليل الجراحي

- تستخدم أدوات خاصة للدليل الجراحي مع مطولات خاصة.
- تستخدم الأدوات للحفر الأولي ويلجأ بعض الجراحين الى فتح الشريحة بعد تحديد الحفر الأولية الموجهة للعملية.
- يعتمد العمل بدون شريحة على توفر العظم الكافي والدقة في التصميم والدقة في طباعة الدليل الجراحي الموجه للعملية .



## القيادة الديناميكية لعملية الزرع السني

- وهي طريقة حديثة تعتمد على حساسات تربط بين قبضة الزرع مع نقاط ثابتة مرجعية على عظم الفك
- تعتمد على الصور الشعاعية ثلاثية الأبعاد المسبقة ويظهر العمل على شاشة توضح مكان واتجاه الحفر في كل لحظة أثناء العمل.



# الخلاصة

• تعتبر عمليات الزرع السني الموجهة بالدليل

■ عملية دقيقة

■ توفر الوقت والجهد

■ وتؤمن الحصول على تعويض ناجح مبني على دراسة صحيحة للحالة

■ وعملية زرع سني جراحية مقادة بالتعويض المناسب

تصمم العديد من الأبحاث لدراسة دقة الأدلة الجراحية وتصميمها أو تطور الطرق الديناميكية حيث أن تطور علم زرع الأسنان مرتبط بالتطور الحاصل في هذا المجالات.

مع الشكر لاهتمامكم