الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم تعويضات الأسنان المتحركة

تأثير تقنيات مسح رقمية مختلفة على دقة طبعات الزرع الرقمية للأجهزة الفوقية الكاملة المثبتة بزرعتين في الفك السفلي: دراسة سريرية مقارنة

رسالة قُدمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الماجستير في اختصاص تعويضات الأسنان المتحركة

إعداد الباحث:

محمود محمد عيزوقي

إشراف:

الأستاذ الدكتور إياد الشعراني

أستاذ في قسم تعويضات الأسنان المتحركة

2025-1447

ا

تصريح

((لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة أُخذ بالكامل من عمل آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في هذه الجامعة أو في أي جامعة أخرى أو أي معهد تعليمي))

الإهداء

إلى من علّمني كيف أكون إنساناً قبل أن أكون طبيباً، إلى قدوتي ومعلمي، يا من أعمل كل يوم لأصبح مثله

أبي الغالي

إلى سرّ توفيقي وسبب سعادتي، يا من علمتني معنى العطاء ولذّة التضحية وجعلت مني ما أنا عليه اليوم

أمي الحبيبة

إلى الذين هم قطعة من قلبي وجزء من روحي

إخوتي

إلى من زرع في قلبي حب المهنة منذ الصغر، وساعدني دائماً بنصائحه وعلمه، عمي الغالي

د. كريم عيزوقي

إلى من تعلّمت منهم قيمة العلم وشغف المعرفة

أساتذتي وزملائي

إلى رفاق الدرب، ومن ساندوني وشاركوني مقاعد الدراسة والاختصاص

أصدقائي

كلمة شكر

الحمد لله الذي وفقني لإنجاز هذا البحث ويسر السبيل إليه وهداني إلى طريق العلم وبعد...

أتقدم بخالص العرفان والإمتنان النابع من القلب لأستاذي المشرف **الأستاذ الدكتور إياد الشعراني** الذي زرع في نفسي حب الاختصاص والدقة في العمل ولسعيه الدائم والدؤوب على تذليل كل الصعوبات لإتمام هذا البحث وإخراجه بأفضل حلّة ممكنة، فكان مثالاً عالياً في العطاء والشغف والأمانة في تقديم كل ما يحتاجه الطالب ويصبو إليه فكان أثره في قلبي طيباً وكبيراً لن أنساه ما حييت.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى **الأستاذ المساعد الدكتور عمار المصطفى** لتفضله بقبول المشاركة في تحكيم هذا البحث، ولتفانيه شخصياً بإشرافه على أول عمل جراحي وتعويضي في مجال زرع الأسنان والكثير من النصائح والأفكار المتميزة حيث كان بخبرته الكبيرة خير المعلم الناصح والأستاذ المميز فله مني كل الاحترام والتقدير.

وأتقدم بوافر الشكر والتقدير **للأستاذ المساعد الدكتور محمد لؤي مراد** رئيس قسم تعويضات الأسنان الثابتة، الذي تفضل مشكوراً بالمشاركة في لجنة الحكم وبذل من وقته وجهده الكثير للارتقاء بهذا البحث وإغنائه بملاحظاته القيّمة فله كل الشكر والامتنان.

ولا يسعني إلا أن أشكر **الأستاذ الدكتور علاء سلوم** رئيس قسم تعويضات الأسنان المتحركة الذي لم يبخل عليَّ بعلمه وآرائه القيّمة من أجل إنجاز هذا البحث، فله كل التقدير.

وأتقدم بالشكر إلى السادة الأساتذة أعضاء قسم تعويضات الأسنان المتحركة على رعايتهم وتشجيعهم، وأخص بالشكر **الأستاذ الدكتور مهند السعدي والمدرس الدكتور جمال صقر والمدرس الدكتور عمر ترياقي** لما قدموه من نصائح وإرشادات خلال المرحلة الدراسية.

وأتوجه بالشكر إلى إدارة كلية طب الأسنان في جامعة دمشق متمثلة **بالأستاذ الدكتور عمر حشمة** عميد الكلية، ونائبه للشؤون العلمية **الأستاذ الدكتور مهند لفلوف** ونائبه للشؤون الإدارية **الأستاذ الدكتور حسان عاشور** وذلك للجهود التي يبذلونها لإنجاح مسيرة البحث العلمي في الكلية.

والشكر موصول **للدكتورة أنمار عرابي** التي ساهمت مشكورةً في إنجاز الجانب الإحصائي من الدراسة، ولفني الأسنان **السيد عمار البغا** الذي ساهم بكل دقة وإتقان في المراحل المخبرية للبحث. وإلى طلاب الدراسات العليا في قسم تعويضات الاسنان المتحركة الذين كانو الساعد الأيمن في تأمين مرضى البحث والمساعدة في المرحلة الجراحية وفي مرحلة الطبعات الرقمية: **د. يزن محيسن، د.يمان عثمان، د.محمد المصري، د.لجين جدعان، د.مهاب كديمي، د.قسور حسين، د.نذير ريحان.**

وفي نهاية المطاف أتقدّم بالشكر الخاص والجزيل إلى الأخ والصديق **الدكتور محمد قطاع** الذي كان رفيق الدرب وصاحب الفضل الكبير في نجاح المرحلة الجراحية من البحث والشكر موصول إلى الداعم الأكبر وشريك جميع اللحظات بحلوها ومرّها الأخ والصديق الغالي **الدكتور مرهف حبش.**

وفي الختام، أتوجه بكل الإمتنان والإحترام إلى كل من ساعد في أن يُبصر هذا البحث النور سائلاً الله أن يجزيهم عني كل خير.

قائمة المحتويات List of Contents

الملخص	**1**
التمهيد	**3**
المقدمة	**4**
الاشكالية البحثية	**6**
تساؤلات البحث	**6**
مبررات البحث	**7**
فرضيات البحث	**7**
مسلمات البحث	**8**
هدف البحث	**8**
أهمية البحث	**9**
محدوديات البحث	**9**
مصطلحات البحث	**10**
الباب الأول: المراجعة النظرية	**12**
1. الأجهزة الفوقية المدعومة بالزرعات	**13**
1-1 تعريف الجهاز السني الفوقي	**13**
1-2 أنواع الأجهزة الفوقية المدعومة بالزرعات	**13**
1-2-1 الأجهزة الفوقية المثبتة بالزرعات	**14**
1-2-2 الأجهزة الفوقية المدعومة كلياً بالزرعات	**14**
1-3 مزايا الأجهزة الفوقية المدعومة بالزرعات	**14**
1-4 سلبيات الأجهزة الفوقية المدعومة بالزرعات	**15**

2. الطبعة السنية	**16**
2-1 لمحة تاريخية	**16**
2-2 المواد الطابعة	**18**
2-2-1 المتطلبات الواجب توافرها في المادة الطابعة	**18**
2-2-2 تصنيف المواد الطابعة	**19**
2-2-3 مواد الطبع السيليكونية	**21**
2-2-4 لزوجة مادة الطبع	**22**
3. طبعات الزرع التقليدية	**22**
3-1 تقنيات الطبعات التقليدية للتعويض فوق الزرع	**23**
3-1-1 التقنية المباشرة	**23**
3-1-2 التقنية غير المباشرة	**25**
4. سير العمل الرقمي لحالات التعويض فوق الزرع	**26**
4-1 الطريقة غير المباشرة لسير العمل الرقمي	**26**
4-1-1 الأجهزة المستخدمة في الطريقة غير المباشرة	**28**
4-2 الطريقة المباشرة لسير العمل الرقمي	**29**
4-2-1 تقنية القياس التصويري	**29**
4-2-2 الطبعات الرقمية باستخدام المواسح الفموية	**30**
4-2-2-1 نواقل المسح	**31**
4-2-2-2 العوامل المؤثرة على دقة الطبعات الرقمية باستخدام الماسح الفموي	**33**
4-2-2-3 دقة الماسح الفموي في الاستخدامات السريرية المختلفة	**34**
4-2-2-4 الماسح الفموي في التعويضات المتحركة	**35**

4-2-2-5 مزايا الطبعات الرقمية	**37**
4-2-2-6 عيوب وسلبيات الطبعة الرقمية	**41**
5. الدقة	**42**
5-1 طرق قياس الدقة	**42**
5-2 الانطباق الحيادي	**43**
6. الدراسات السابقة	**45**
الباب الثاني: المواد والطرائق	**49**
1. تصميم الدراسة	**50**
2. وصف عينة البحث	**50**
2-1 معايير القبول في الدراسة	**51**
2-2 معايير الاستبعاد في الدراسة	**51**
3. المواد والأدوات المستخدمة في البحث	**51**
3-1 أدوات ومواد المرحلة الجراحية للزرع السني	**51**
3-2 الأدوات والمواد المستخدمة في الطبعات التقليدية	**55**
3-3 الأدوات والمواد المستخدمة في الطبعات الرقمية	**59**
4. طرائق البحث	**61**
4-1 طريقة إجراء الزرعتين السنيتين في الفك السفلي الأدرد	**61**
4-1-1 خطوات ما قبل العمل الجراحي	**61**
4-1-2 خطوات العمل الجراحي	**61**
4-1-3 المرحلة الجراحية الثانية	**66**
4-2 خطوات أخذ الطبعات التقليدية	**66**

4-2-1 الطبعة الأولية	**66**
4-2-2 صنع الجبيرة بين الزرعتين	**68**
4-2-3 صنع الطابع الإفرادي	**68**
4-2-4 أخذ الطبعة النهائية	**70**
4-3 خطوات الطبعات الرقمية	**74**
4-3-1 مسار المسح المستخدم	**75**
4-3-2 آلية العمل التقليدية	**75**
4-3-3 طريقة المعجون الكاشف للضغط	**77**
4-3-4 طريقة التجبير بالخيوط بين السنية والكومبزت	**78**
4-3-5 طرق التجبير بالأسنان الاصطناعية الإكريلية	**80**
4-4 طرق تقييم الدقة	**82**
4-4-1 آلية عمل برنامج Geomagic Control x	**83**
5.الدراسة الاحصائية	**86**
الباب الثالث: النتائج	**87**
1. وصف عينة البحث	**88**
1-1 مجموعات الدراسة	**88**
2. الهدف الإحصائي	**89**
3. الإحصاء الوصفي للبيانات المدروسة	**89**
3-1 RMS-Implant	**89**
3-2 RMS-Arch	**91**
4. اختبار التوزيع الطبيعي للبيانات المدروسة	**92**

RMS-Implant 1-4	**93**
RMS-Arch 2-4	**94**
5. اختبار دقة الطبعات الرقمية بالطبعة التقليدية باستخدام One Sample Test	**95**
RMS-Implant 1-5	**95**
RMS-Arch 2-5	**96**
6. دراسة الفروقات بين التقنيات المختلفة	**96**
RMS-Implant 1-6	**96**
RMS-Arch 2-6	**99**
الباب الرابع: المناقشة	**102**
1. مناقشة الهدف من البحث	**103**
2. مناقشة المواد والطرائق	**104**
2-1 مناقشة محدوديات الدراسة السريرية	**104**
2-2 مناقشة موقع الزرعات	**105**
2-3 مناقشة المواد المستخدمة في الطبعات التقليدية	**105**
2-4 مناقشة الطريقة المستخدمة في الطبعة التقليدية	**106**
2-5 مناقشة التقنيات المختلفة لطبعات الزرع الرقمية	**107**
2-6 مناقشة طريقة قياس الدقة	**110**
3. مناقشة النتائج	**111**
3-1 مناقشة دقة الطبعات الرقمية المختلفة على مستوى الزرعتين	**111**
3-2 مناقشة دقة الطبعات الرقمية على مستوى الدرد الكامل	**114**
الباب الخامس: الاستنتاجات	**116**

الباب السادس: المقترحات والتوصيات	**118**
الباب السابع: المراجع	**121**
Abstract	**135**

قائمة الجداول List of Tables

رقم الجدول	محتوى الجدول	الصفحة
جدول 1	مجموعات الدراسة	88
جدول 2	الإحصاءات الوصفية لقيم RMS للزرعات وفق تقنيات التصوير الرقمي المختلفة	90
جدول 3	الإحصاءات الوصفية لقيم RMS للقوس الكامل وفق تقنيات التصوير الرقمي المختلفة	91
جدول 4	اختبارات التوزيع الطبيعي على بيانات RMS-Implant لمجموعات الدراسة الأربعة	93
جدول 5	اختبارات التوزيع الطبيعي على بيانات RMS-Arch لمجموعات الدراسة الأربعة	94
جدول 6	اختبار T test لطبعات الزرعات	95
جدول 7	اختبار T test لطبعات الأقواس	96
جدول 8	نتائج اختبار Mauchly test of Sphericity لقيم RMS-Implant	97
جدول 9	نتائج اختبار Test of within-Subjects Effects لقيم RMS-Implant	97
جدول 10	المقارنات الثنائية بين مجموعات الدراسة بالنسبة للمتغير RMS-Implant	98
جدول 11	نتائج اختبار Mauchly test of Sphericity لقيم RMS-Arch	100
جدول 12	نتائج اختبار Test of within-Subjects Effects لقيم RMS-Arch	100
جدول 13	المقارنات الثنائية بين مجموعات الدراسة بالنسبة للمتغير RMS-Arch	101

قائمة الأشكال List of Figures

	محتوى الأشكال	الصفحة
الشكل 1	أجزاء ناقل المسح	**31**
الشكل 2	أدوات العمل الجراحي	**52**
الشكل 3	جهاز الزرع الجراحي المستخدم	**53**
الشكل 4	لوحة التحكم الأرضية التابعة لجهاز الزرع الجراحي	**53**
الشكل 5	القبضة الجراحية المعوجة مع وصلتها ضمن الجهاز	**53**
الشكل 6	أنابيب الإرواء التابعة لجهاز الزرع الجراحي	**54**
الشكل 7	المجموعة الجراحية الخاصة بزرعات ANYONE الكورية الجنوبية	**54**
الشكل 8	الطوابع البلاستيكية الجاهزة لحالات الدرد	**56**
الشكل 9	شمع الصف الأحمر	**56**
الشكل 10	المطاط القاسي من شركة Zhermack	**56**
الشكل 11	الإكريل ذاتي التماثر من شركة (HUGE) الصينية	**56**
الشكل 12	القبضة المستقيمة مع سنبلة التنغستين كارباید	**56**
الشكل 13	أدوات العمل الخاصة بالطبعة التقليدية	**57**
الشكل 14	سيليكون القناع اللثوي	**57**
الشكل 15	أقلام مركب الطبع من شركة Kerr	**57**
الشكل 16	ريزين نموذجي ضوئي التصلب من شركة B&E الإيطالية	**58**

الشكل 17	مطاط إضافي متوسط القوام من شركة Dentsply Sirona الأمريكية	**58**
الشكل 18	الماسح المخبري A-IS PRO من شركة Aidite الصينية	**58**
الشكل 19	الماسح الفموي Cameo Elegant 3	**59**
الشكل 20	أدوات العمل الخاصة بالطبعات الرقمية المختلفة	**60**
الشكل 21	الأدوات المستخدمة في طريقة التجبير بالأسنان الاصطناعية الإكريلية	**60**
الشكل 22	المعجون الكاشف للضغط	**60**
الشكل 23	دراسة الحالة شعاعياً وتحديد كمية ونوعية العظم المتوفر	**61**
الشكل 24	الشق الجراحي	**62**
الشكل 25	رفع الشريحة كاملة الثخانة	**62**
الشكل 26	التأكد من توازي سنابل التحضير أثناء العمل	**63**
الشكل 27	إنزال الزرعتين في مكانهما	**64**
الشكل 28	إجراء الخياطة	**64**
الشكل 29	تركيب دعامات الشفاء	**66**
الشكل 30	تعديل الطابع الجاهز	**67**
الشكل 31	تركيب نواقل الطبعة داخل الفم	**67**
الشكل 32	الطبعة الأولية بعد تركيب نظير الزرعة مع ناقل الطبعة	**67**
الشكل 33	الطبعة الأولية بعد تركيب نظير الزرعة مع ناقل الطبعة	**67**
الشكل 34	المثال الأولي	**68**
الشكل 35	المثال الأولي	**68**

الشكل 36	ربط نواقل الطبعة بالخيط بين السني	**68**
الشكل 37	تطبيق الريزين النموذجي ضوئي التصلب	**68**
الشكل 38	فصل الجبيرة	**69**
الشكل 39	تطبيق الشمع كـ spacer للمادة الطابعة	**69**
الشكل 40	الطابع الإفرادي قبل التشذيب	**70**
الشكل 41	تركيب طرفي الجبيرة داخل الفم	**71**
الشكل 42	الوصل المباشر داخل الفم	**71**
الشكل 43	العزل الجيد أثناء عملية تطبيق الريزين	**71**
الشكل 44	فحص حواف الطابع وانطباقه داخل الفم	**71**
الشكل 45	طبعة الحواف باستخدام أقلام مركب الطبع	**72**
الشكل 46	عملية برش مركب الطبع	**72**
الشكل 47	الطبعة التقليدية النهائية باستخدام المطاط الإضافي متوسط القوام	**73**
الشكل 48	مراحل عملية التعليب	**73**
الشكل 49	الأمثلة الجبسية النهائية	**74**
الشكل 50	النموذج الرقمي للمثال الجبسي النهائي	**74**
الشكل 51	طبعة الدرد الكامل مع مظهر الانبثاق اللثوي للزرعتين	**77**
الشكل 52	تطبيق ناقل المسح داخل الفم	**77**
الشكل 53	الطبعة الرقمية النهائية	**77**
الشكل 54	تطبيق المعجون الكاشف للضغط PIP بين وحول الزرعتين	**78**
الشكل 55	الطبعة الرقمية باستخدام الـ PIP	**78**
الشكل 56	الوصل بين النواقل باستخدام الخيط	**79**

الشكل 57	تطبيق الكومبزت السيال	**79**
الشكل 58	تطبيق الراتنج المرن (عازل اللثة) على جبيرة الكومبزت	**79**
الشكل 59	بعد حذف جبيرة الكومبزت، إعادة مسح لمظهر الانبثاق اللثوي ثم تركيب نواقل المسح والطبعة النهائية	**80**
الشكل 60	تركيب الدعامات الإكريلية التي تأخذ شكل الناب	**81**
الشكل 61	الوصل بين الدعامات باستخدام القواطع الإكريلية والكومبزت السيال	**81**
الشكل 62	طبعة الدرد الكامل مع الجبيرة قبل حذفها	**81**
الشكل 63	النموذج المرجعي ونموذج الاختبار قبل إجراء المطابقة الأولية بينهما	**83**
الشكل 64	بعد إجراء المطابقة الأولية بين النموذجين	**84**
الشكل 65	إثناء إجراء عملية المطابقة المثلى (Best fit Alignment)	**84**
الشكل 66	بعد إجراء المطابقة المثلى، وأثناء تطبيق المقارنة ثلاثية الأبعاد 3D Compare	**85**
الشكل 67	إجراء المقارنة ثلاثية الأبعاد على مستوى الزرعتين فقط	**85**
الشكل 68	إجراء المقارنة ثلاثية الأبعاد على مستوى الدرد الكامل	**86**
الشكل 69	مقارنة المتوسطات الحسابية لقيم RMS لطبعات الزرعات في التقنيات المطبقة	**89**
الشكل 70	مقارنة المتوسطات الحسابية لقيم RMS لطبعات الأقواس في التقنيات المطبقة	**92**

قائمة الأشكال البيانية List of Charts

	محتوى الأشكال البيانية	الصفحة
مخطط 1	المخطط الصندوقي لـ RMS لطبعات الزرعات وفق التقنيات (مجموعات الدراسة) الأربعة	90
مخطط 2	المخطط الصندوقي لـ RMS لطبعات الأقواس وفق التقنيات (مجموعات الدراسة) الأربعة	92

قائمة الاختصارات List of Abbreviations

الاختصار	التسمية الكاملة	التسمية باللغة العربية
IOS	Intraoral Scanner	الماسح الفموي
ISB	Intraoral Scan Bodies	ناقل المسح الفموي
PIP	Pressure Indicator paste	المعجون الكاشف للضغط
RMS	Root Mean Square	الجذر التربيعي لمربع متوسط الاختلافات
STL	Standard Tessellation Language	لغة الفسيفساء القياسية
PLY	Polygon File Formats	تنسيقات ملفات المضلعات
PG	PhotoGrammetry	تقنية القياس التصويري
CMM	Coordinate Measuring Machine	آلة قياس الإحداثيات
CBCT	Cone beam computed tomography	التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية

الملخص

تأثير تقنيات مسح رقمية مختلفة على دقة طبعات الزرع الرقمية للأجهزة الفوقية الكاملة المثبتة بزرعتين في الفك السفلي: دراسة سريرية مقارنة

خلفية البحث: امتداد مساحة الدرد هو أحد العقبات الرئيسية عند استخدام سير العمل الرقمي في الزرع السني. نقص النقاط المرجعية التشريحية الثابتة، مثل الأسنان، يؤدي إلى تراكب الصور وتشوه الطبعة الرقمية. رغم ذلك، قد يساعد تجبير الزرعات تقنية وخوارزمية المسح داخل الفم على التمييز بشكل أفضل لمواقع نواقل المسح والتعويض عن نقص المعالم التشريحية في الفك الأدرد.

هدف البحث: دراسة سريرية لمقارنة أربع تقنيات مسح رقمية مختلفة من خلال مطابقتها مع الطبعة التقليدية لزرعتين في الفك السفلي الأدرد وتقييم الاختلافات ثلاثية الأبعاد لكل من الزرعتين وطبعة الدرد الكامل.

المواد والطرائق: تألَّفت عيّنة الدراسة من 10 مرضى لديهم درد كامل سفلي، أُجري لكل مريض 5 طبعات وبالتالي تألفت العينة من 50 طبعة، قُسمت إلى خمس مجموعات: المجموعة الشاهدة للنماذج الرقمية المرجعية للأمثلة الجبسية النهائية، رُمز لها بـ **(R)**. ومجموعة الطبعات الرقمية بدون أي تعديل على مسارها التقليدي، رُمز لها بـ **(Tra)**. ومجموعة الطبعات الرقمية مع استخدام المعجون الكاشف للضغط، رُمز لها بـ **(PIP)**. ومجموعة الطبعات الرقمية مع استخدام جبيرة الكومبزت، رُمز لها بـ **(Comp)**. ومجموعة الطبعات الرقمية مع استخدام جبيرة الأسنان الاصطناعية الإكريلية، رُمز لها بـ **(Acr)**. تم مسح المثال الجبسي ثم تحويله إلى نموذج رقمي بواسطة الماسح المخبري وحفظه بصيغة STL. استخدم برنامج التحليل ثلاثي الأبعاد Geomagic control x لتقييم الصحة بين مجموعات الاختبار الأربعة، حيث سيتم حساب متوسط المسافة بالقيمة المطلقة بين النقاط المتناظرة في السحابة النقطية للطبعتين مع بعضهما البعض باستخدام الجذر التربيعي لمربع متوسط الاختلافات Root Mean Square(RMS).

أُجري اختبار Repeated Measures ANOVA ثم تمت المقارنات الثنائية بين مجموعات الدراسة.

النتائج: التقنية الأكثر دقة هي التقنية Acr، التقنيات الأقل دقة هما Tra وPIP ولا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بينهما. التقنية متوسطة الدقة هي التقنية Comp، ولكن هذه التقنية لا تظهر فروقات ذات دلالة إحصائية مع كل من التقنيات الأخرى باختبارات المقارنة الثنائية.

بالنسبة لطبعة الدرد الكامل لا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بين أي من ثنائيات التقنيات. أي لا يوجد تفوق واضح لأي تقنية في دقة طبعات القوس الكامل بناءً على هذه النتائج.

الاستنتاجات: ضمن حدود هذه الدراسة يمكن أن نستنتج أن تجبير نواقل المسح أدى إلى تحسين جودة الطبعة الرقمية التي من الممكن أن تحل بديلاً عن الطبعة التقليدية، كما نستنتج أن تقنية التجبير باستخدام الأسنان الاصطناعية التقليدية هي الطريقة الأفضل بين الطرق المختبرة.

الكلمات المفتاحية: الزرعات السنية، الماسح الفموي، ناقل المسح، الدقة، التجبير، علامات مرجعية، الطبعة التقليدية، الطبعة الرقمية.

التمهيد Preface

المقدمة Introduction:

يتردد العديد من أطباء الأسنان في استخدام التقنيات الرقمية الحديثة لاعتقادهم أن مواد الطبع المرنة المستخدمة منذ مدة طويلة وتقنياتها تعمل جيداً بحيث لا يمكن الاستغناء عنها. أو أن تقنيات المسح الرقمي ثلاثية الأبعاد حديثة جداً لدرجة أنها ليست جاهزة للاستخدام السريري بعد. إن استخدام المواد المرنة في أخذ الطبعات دام لمدة 77 عاماً مع المشاكل الكامنة لاستخدامها كافةً. أُدخلت أنظمة الطبع والمسح الرقمي في طب الأسنان في منتصف الثمانينيات، إذ تطوَّرت تطوراً كبيراً إلى الحد الذي جعل بعضهم يتوقعون اعتماده من معظم أطباء الأسنان في الولايات المتحدة وأوروبا في خمس سنوات من أجل تسجيل الطبعات (Birnbaum, Aaronson et al. 2009).

في حالات إعادة التأهيل الناجحة على المدى الطويل، يجب أن ينطبق الهيكل المدعوم بالزرعات بدقة. على الرغم من أن مفهوم الانطباق الحيادي لم يُعرَّف بشكل دقيق وفقاً للمعايير السريرية، أشارت الدراسات السريرية إلى أن سوء الانطباق المقبول بين سطح الزرعة والتعويض يختلف ويتراوح بين 59 و150 ميكرومتر (Papaspyridakos, Benic et al. 2012).

سوء انطباق البنية الفوقية للزرعة يمكن أن يؤدي إلى اختلاطات ميكانيكية تشمل انحلال البرغي وكسر في مكونات الزرعة، بالإضافة إلى اختلاطات بيولوجية مثل امتصاص العظم الحفافي والتهاب النسج حول الزرعات وفشل الاندماج العظمي. تعتبر دقة طبعات الزرع أحد العوامل الحاسمة التي تؤثر على النتائج النهائية (Lyu, Di et al. 2022)، حيث تعد طبعة الزرع الدقيقة شرطاً أساسياً للحصول على مثال رئيسي دقيق والذي يعتبر المفتاح لصنع تعويض منطبق بدقة (Papaspyridakos, Chen et al. 2014).

دقة طبعات الزرع مهمة بشكل خاص لأجل التعويض الثابت المثبت بالبرغي المدعوم بالزرعات، حيث لا يمكن للإسمنت تعويض أي عدم دقة (Van der Meer, Andriessen et al. 2012).

تعد طبعات الزرع الرقمية باستخدام المواسح الفموية (IOSs: intraoral scanners) تقنية حديثة نسبياً، لكنها تشهد تطوراً مستمراً. تزداد شعبيتها بسبب عدة عوامل متعلقة بالمريض مثل زيادة الراحة نتيجة تجنب استخدام

الطوابع ومواد الطبع، بالإضافة إلى عوامل متعلقة بالطبيب كتوفير الوقت والتكلفة وتخزين البيانات الرقمية وتحليلها وغيرها. لقد أضافت المواسح الفموية إلى النهج التقليدي في التعويضات وساهمت في مفهوم "المريض الافتراضي" (Joda, Katsoulis et al. 2016).

رغم ذلك، يمكن أن يتأثر أداء الماسح الفموي سلباً بعدة عوامل تتعلق بالمريض، بما في ذلك اللعاب وحركات اللسان والخد وكمية اللثة المتقرنة وطول وشكل الحافة الدرداء بالإضافة إلى عدد وموقع الزرعات والمسافة والزاوية بين الزرعات كذلك خصائص نواقل المسح (ISBs: Intraoral Scan Bodies) وفعالية البرمجيات الخاصة بالماسح الضوئي (Mangano, Gandolfi et al. 2017, Rutkūnas, Gečiauskaitė et al. 2017).

في السنوات القليلة الماضية، قدمت المواسح الفموية نهجاً متاحاً للتشخيص والتخطيط وتنفيذ المعالجات. ومن العوامل الرئيسية التي ساهمت في الانتشار السريع للطبعات الرقمية هي حقيقة أن IOSs قد أثبتت أنها تعمل ضمن نفس مجال دقة الطبعات التقليدية حين تستخدم لمناطق الفقد القصير (أسنان مفردة أو أقواس جزئية). هذا يسمح للأمثلة الرقمية بالوصول إلى الدقة العالية اللازمة لضمان الانطباق المناسب للترميمات السنية. علاوةً على ذلك، عند مقارنتها مع الطبعات التقليدية، تقدم التقنيات الرقمية العديد من الفوائد، مثل تقبل المريض وفعالية الوقت والرؤية المباشرة للطبعة وقابلية التكرار السهلة والسريعة. أخيراً ولكن ليس آخراً، يمكن استخدام IOSs بالاشتراك مع التقنيات الرقمية الأخرى، مثل تقنيات التصميم بمساعدة الحاسوب/التصنيع بمساعدة الحاسوب CAD/CAM أو الإنتاج في العيادة أو بالاشتراك مع التصوير المقطعي المحوسب بواسطة الحزمة المخروطية (CBCT)، لتسهيل عمليات الجراحة الموجهة بالحاسوب. ومع ذلك، عندما تستخدم للأقواس الدرداء الكاملة أو مناطق الدرد طويلة الامتداد، فقد أثبت بوجود حاجة لتطوير التقنيات المتعلقة بال IOS، للوصول إلى نفس مستويات الدقة التي تم تحقيقها باستخدام الطبعات التقليدية (Tallarico, Lumbau et al. 2020).

الإشكالية البحثية Research Problem:

يشمل سير العمل الرقمي استخدام نواقل المسح الفموية (ISBs) وجهاز المسح الفموي الذي يوفر الراحة لكل من المرضى وأطباء الأسنان. خاصةً، في طبعات الزرعة المفردة والجسور الثابتة المدعومة بالزرع المؤلفة من ثلاث وحدات، والتي لها دقة مشابهة للطبعات التقليدية باستخدام المواد المطاطية (Karl, Graef et al. 2012, Yilmaz, Gouveia et al. 2021). من ناحية أخرى، أظهر المسح الرقمي باستخدام الماسح الفموي دقة أقل في حالات الدرد الكامل، وخاصة في حالة التعويض الثابت المدعوم بالزرعات للأقواس الكاملة والجهاز المتحرك المدعوم بالزرعات (Patzelt, Vonau et al. 2013, Andriessen, Rijkens et al. 2014). قد تؤثر الكميات الكبيرة من النسج المتحركة وعدم وجود معالم تشريحية واضحة كذلك المسافة الطويلة بين نواقل مسح الزرعات السنية في مناطق الدرد على دقة المسح الرقمي (Patzelt, Vonau et al. 2013, Flügge, Att et al. 2016).

لقد تم تحديد نقص المعالم التشريحية الكافية بين ISBs كأكثر عامل حاسم يؤثر على دقة المسح الرقمي (Andriessen, Rijkens et al. 2014, Mizumoto, Yilmaz et al. 2020).

عندما تكون المعالم التشريحية محدودة، قد لا يتم ربط الصور بشكل صحيح أو قد يتم تفسير أجزاء من المسح بشكل خاطئ (Rhee, Huh et al. 2015).

تساؤلات البحث Research Questions:

1- هل يمكن للطبعات الرقمية أن تحل بديلاً عن الطبعات التقليدية لأخذ الطبعات النهائية للجهاز الفوقي الكامل السفلي المثبت بزرعتين؟

2- هل توجد تقنيات تستطيع زيادة دقة طبعات الزرع الرقمية؟

3- هل تؤثر زيادة النقاط المرجعية بين نواقل المسح على دقة طبعات الزرع الرقمية في حالة الدرد الكامل السفلي؟

4- في حال فعالية تقنيات طبعات الزرع المختلفة، أي منها هو الأفضل؟

5- ما مدى جدوى وفعالية الماسح الفموي في أخذ طبعات الدرد الكامل السفلي؟

مبررات البحث Research Rationale:

لتجاوز هذه القيود، اقترح الأطباء استخدام علامات مرجعية اصطناعية على منطقة الدرد أو تعديل سطح الحافة السنخية الدرداء مع مسار مسح مناسب (Kim, Amelya et al. 2017). ومع ذلك، فإن عدد محدود من الدراسات يتحقق تأثيرات أنواع مختلفة من العلامات المرجعية الاصطناعية و/أو مسارات المسح على دقة مسح قوس الدرد الكامل (Mizumoto, Yilmaz et al. 2020, Zarone, Ruggiero et al. 2020).

قد يساعد تجبير نواقل المسح تقنية وخوارزمية المسح الفموي على التمييز بشكل أفضل لموقع الزرعات والتعويض عن نقص المعالم التشريحية في الفك الأدرد، وبالتالي إمكانية الحصول على طبعة رقمية ناجحة سريرياً في حالة الجهاز الكامل السفلي المدعوم بزرعتين، مما يوفر الوقت والجهد للمريض وطبيب الأسنان على حد سواء.

ندرة الأبحاث السريرية حول طبعات الزرع الرقمية للأجهزة الفوقية الكاملة ومعظم الدراسات السابقة مخبرية.

فرضيات البحث Research Hypotheses:

- فرضية العدم الأولى H0:

عدم وجود تأثير لطرق التجبير المختلفة على دقة طبعات الزرع الرقمية في حالة الجهاز الكامل السفلي المثبت بزرعتين.

- الفرضية البديلة الأولى H1:

وجود تأثير لطرق التجبير المختلفة على دقة طبعات الزرع الرقمية في حالة الجهاز الكامل السفلي المثبت بزرعتين.

❖ فرضية العدم الثانية H0:

عدم وجود اختلافات بين الطبعات الرقمية للدرد الكامل في الفك السفلي.

❖ الفرضية البديلة الثانية H1:

وجود اختلافات بين الطبعات الرقمية للدرد الكامل في الفك السفلي.

مُسلمات البحث Research Postulates:

ما زالت الطبعة التقليدية هي المعيار الذهبي في تحديد طول وعرض الحواف الوظيفية للأجهزة الكاملة وخاصة بالفك السفلي.

يرتبط نجاح التعويضات السنية المحمولة على الزرعات بشكل مباشر بالاتصال المحايد بين التعويض ومكونات الزرعة السنية، لذلك كان من الضروري الحصول على مثال عمل نهائي يمكن الاعتماد عليه بالنسبة لمواقع الزرعات السنية بشكل يماثل الوضع الذي كانت عليه في جوف الفم (Jemt, Rubenstein et al. 1996).

هدف البحث Aim of the Study:

– مقارنة 4 تقنيات مسح رقمية مختلفة:

i. بدون تعديل.
ii. فرش المعجون الكاشف للضغط (PIP) على الحافة الدرداء بين وحول نواقل المسح.
iii. طريقة جديدة لربط نواقل المسح بخيط بين سني مع علامات مرجعية من الراتنج المرن ضوئي التصلب بأشكال وألوان مختلفة.
iv. طريقة جديدة لربط نواقل المسح بجبيرة إكريلية تتضمن أسنان اصطناعية إكريلية.

لتقييم تأثيرها على دقة طبعات الزرع الرقمية في حالة زرعتين بالفك السفلي الأدرد ومقارنتها مع الطبعة التقليدية (طابع مفتوح مع تجبير النواقل).

– مقارنة الماسح الفموي (Cameo Elegant 3) مع مواد الطبع التقليدية (السيليكون الإضافي متوسط القوام Monophase Addition silicone) لأخذ الطبعة النهائية للفك السفلي الأدرد.

أهمية البحث Research Importance:

1– تعتمد دقة الطبعة على النسخ الدقيق لموقع الزرعة السنية الحقيقي من داخل الفم إلى مثال العمل النهائي الناتج عنها من أجل صنع تعويض سني منطبق بشكل حيادي على الزرعات السنية (Conrad, Pesun et al. 2007, Alikhasi, Siadat et al. 2011).

2– بشكل عام، هناك دراسات محدودة ومتناقضة حول دقة ومدى استخدام IOS لرقمنة الأقواس السنية الكاملة والسماح بتصنيع التعويضات المتحركة. العائق الرئيسي هو الصعوبة في تسجيل الحركات الوظيفية للنسج المخاطية. بشكل خاص، هناك تحديات سريرية متعلقة مع العلاج بالجهاز الكامل. لذلك، في الدراسات المخبرية التي ركزت على الدقة لطبعات القوس الكامل، أوصت باستخدام الطبعات التقليدية في مثل هذه الحالات (AlRumaih 2021).

3– ندرة الأبحاث السريرية التي أُجريت لتقييم دقة تقنيات مختلفة لطبعات الزرع الرقمية للأجهزة الفوقية الكاملة في الفك السفلي.

4– مقارنة تقنيات مسح رقمية جديدة تستخدم للمرة الأولى لتحري تأثيرها على دقة طبعات الزرع الرقمية.

5– إيجاد بدائل أكثر سهولةً للاستخدام وراحةً للمرضى من الطبعات التقليدية للأجهزة الفوقية الكاملة المثبتة بزرعتين في الفك السفلي.

محدوديات البحث Research Limitations:

- ☒ عينة البحث محدودة نظراً للتكلفة المادية للبحث.
- ☒ عدم استخدام الدليل الجراحي أثناء عملية الزرع السني، وبالتالي صعوبة ضبط المسافة والزاوية بين الزرعتين بالإضافة لعمق الزرعة لتكون متساوية تماماً لدى جميع المرضى.

- ☒ يوجد إصدارات أحدث من الماسح الفموي المستخدم بالدراسة (Cameo Elegant 3, Aidite, 2023) الموجود في مخبر طب الأسنان الرقمي بكلية طب الأسنان في جامعة دمشق.
- ☒ اعتماد الطبعة التقليدية كطبعة مرجعية، وبالتالي لا يمكننا مقارنة الطبعات التقليدية مع الرقمية لمعرفة من الأكثر دقة بينهما لعدم وجود طريقة دقيقة لإنتاج أرقام مرجعية سريرياً، على نقيض الدراسات المخبرية.
- ☒ الاكتفاء بمطابقة الطبعات فيما بينها ومقارنتها رقمياً باستخدام برنامج هندسي مناسب، وعدم فحص انطباق التعويض الناتج عن كل منها ومدى فعاليته مع فترات متابعة.

مصطلحات البحث Research Terms:

1_ غطاء الشفاء Healing Screw: وهو برغي يوضع داخل الفتحة العلوية للزرعة السنية خلال مرحلة الشفاء التالية للطور الجراحي الأول.

2_ دعامة الشفاء Healing Abutment: ويسميها البعض مشكلة اللثة وهي برغي مقبّب الشكل يوضع فوق الزرعة السنية بعد نزع غطاء الشفاء خلال الطور الجراحي الثاني وقبل مرحلة وضع التعويض.

3_ ناقل الطبعة Impression Coping / Transfer: يُوضع ناقل الطبعة فوق الزرعة السنية مباشرةً أو فوق الدعامة تبعاً لنظام الزرع وبعد ذلك تُؤخذ الطبعة.

4_ الزرعة المخبرية Laboratory Analogue: وهو عنصر يتم تصنيعه بحيث يماثل تماماً الزرعة السنية ليتم استخدامه أثناء مراحل العمل.

5_ مفتاح البراغي Screw-driver: هو أحد مكونات نظام الزرع يُستخدم لشد وفك مكونات الزرعة المختلفة، له عدة أشكال بحسب نظام الزرع المستخدم.

6_ ناقل المسح الفموي Intraoral Scan Body: هو الجزء الذي يستخدم في الطبعة الرقمية لنقل موقع الزرعة ثلاثي الأبعاد.

7- الشبكة (Mesh): يُستخدم لوصف سطح جسم ثلاثي الأبعاد يتكوّن من أوجه مثلثة أو متعددة الأضلاع. لا يمتلك جسم الشبكة أي انحناء فعلي؛ بل يتم الحصول على مظهر الانحناءات في الصورة ثلاثية الأبعاد المكوّنة من الشبكات عن طريق زيادة عدد الأسطح. صيغة الملف الأكثر شيوعاً لهذه الصور ثلاثية الأبعاد هي ملف .STL

8- خوارزمية المطابقة المثلى (best-fit algorithm): هي طريقة لمحاذاة مجموعة من النقاط المقاسة أو مجموعة من مراكز البنى الفعلية بحيث تتطابق قدر الإمكان مع نظيراتها. حيث تقوم بمحاذاة مجموعتي النقاط من خلال تحويل إحدى المجموعتين بحيث يكون مجموع المسافات المربعة بين النقاط المتقابلة في المجموعتين في أدنى حد ممكن.

الباب الأول:

المراجعة النظرية

Literature Review

1. الأجهزة الفوقية المدعومة بالزرعات Implant Supported Overdentures

تشكل المعالجة التعويضية لمرضى الدرد الكامل تحدياً دائماً للطبيب، ويعتمد نجاح المعالجة عادةً على مهارة الطبيب السريرية، وساعد وجود الزرعات السنية الطبيب في التغلب على هذه المشكلة، إذ أسهمت بمعالجة جيدة الإنذار للفك السفلي الأدرد (الشعراني إ، الوزير غ، 2006).

لقد بقي التعويض السني المتحرك الكامل التقليدي خياراً علاجياً وحيداً لمرضى الدرد الكامل لاكثر من قرن حتى ظهور الزرعات السنية (Karabuda, Yaltrk et al. 2008).

أجمع المتخصصون في جامعة (MCGill) في مونتريال بكندا عام 2002 على أن الجهاز المتحرك التقليدي لم يعد الخيار الأول لمعالجة مرضى الدرد الكامل للفك السفلي بل إن الخيار الأول هو الجهاز الفوقي المدعوم بزرعتين في الفك السفلي (Feine 2002).

1-1 تعريف الجهاز السني الفوقي Overdenture:

هو أي تعويض سني متحرك يغطي ويستند على واحدة أو أكثر من الأسنان الطبيعية المتبقية و/أو جذور أسنان طبيعية و/أو زرعات سنية (السعدي، 2010).

1-2 أنواع الأجهزة الفوقية المدعومة بالزرعات

يجب على الأجهزة الفوقية التقليدية أن تعتمد على الأسنان المتبقية لدعم التعويض. موقع هذه الدعامات الطبيعية متغير جداً، وغالباً ما تشمل فقدان العظم السابق المرتبط بالمرض حول السني. بالنسبة للأجهزة الفوقية المدعومة بالزرع في الفك السفلي، يمكن وضع الزرعات في مواقع مخططة ومحددة، ويمكن أن يحدد عددها الطبيب المعالج والمريض. بالإضافة إلى ذلك، فإن دعامات الزرعات الخاصة بالأجهزة الفوقية صحية وصلبة وتوفر نظام دعم ممتاز. ونتيجة لذلك، يمكن تحديد الفوائد والمخاطر المرتبطة بكل خيار علاجي مسبقاً (Misch 2004).

يمكن تصنيفها في الفك السفلي إلى نوعين رئيسيين:

1-2-1 الأجهزة الفوقية المثبتة بالزرعات Implant Retained Overdentures (RP5):

تقوم الزرعات في هذا النوع من الأجهزة بمهمة تثبيت الجهاز بشكل رئيسي بينما يكون الدعم الأساسي للجهاز عن طريق الغشاء المخاطي، وبالتالي يكون امتداد هذا النوع من الأجهزة مشابهاً لامتداد الأجهزة المتحركة التقليدية. يكون عدد الزرعات في هذا النوع من الأجهزة 2-4 زرعات، توضع في المنطقة الكائنة بين الثقبتين الذقنيتين حصراً ويمكن أن تكون متصلة ببعضها بواسطة عارضة معدنية، أو غير متصلة؛ وتستعمل وصلات مثبتة تسمح للجهاز بحرية الحركة والانضغاط (Block SM, 2007).

تقسم المنطقة بين الثقبتين الذقنيتين إلى خمس مناطق يمكنها استقبال الزرعات وترمز بالأحرف اللاتينية A-E بحيث تكون المنطقة C في منتصف المسافة بين الثقبتين (Misch 2004).

1-2-2 الأجهزة الفوقية المدعومة كلياً بالزرعات Implant born Overdentures (RP4):

في هذا النوع من الأجهزة الفوقية يتم تحميل الجهاز بشكل كامل على الزرعات دون تطبيق أي ضغط على النسيج المخاطي. يتطلب صنع هذه الأجهزة عدداً أكبر من الزرعات، ويمكن في هذا النوع تقصير حواف الجهاز عن حدود الجهاز الكامل التقليدي. تكون الزرعات في هذه الحال موصولةً ببعضها بواسطة عارضة معدنية ويُثبت الجهاز الفوقي على هذه العارضة بوصلات من النوع الصلب أي أنها لا تسمح بأيَّة حركة للجهاز أثناء الوظيفة. ويعتمد عدد الزرعات المطلوبة في هذا النوع من الأجهزة بشكل رئيسي على مقدار القوى الإطباقية عند المريض، وعلى نوعية الإطباق المقابل في الفك العلوي (Misch 2004).

1-3 مزايا الأجهزة الفوقية المدعومة بالزرعات

تتميز الأجهزة الفوقية المدعومة بالزرعات بفوائد عديدة عند مقارنتها بالأجهزة الكاملة التقليدية:

- زيادة الثبات والاستقرار والدعم، الأمر الذي يؤدي إلى تحسن معظم وظائف الجهاز المتحرك.
- زيادة الفعالية الماضغة.
- التخفيف من شدة الامتصاص العظمي.

- زيادة رضى المرضى عن الأجهزة المتحركة وتحسّن حالتهم النفسية.
- تحسن نمط الحياة The Quality of Life عند المرضى. (Fueki, Kimoto et al. 2007)

كما تتميز عن التعويض الثابت المدعوم بالزرعات بما يلي: (Misch 2004)

- عدد أقل من الزرعات (RP-5).
- أقل حاجة للطعوم العظمية قبل المعالجة.
- وضع أقل تحديداً للزرعات.
- تحسين الناحية التجميلية.
- الجناح الشفوي واستبدال هبوط النسج الرخوة بالإكريل.
- تحسين السبر حول الزرعة في فترات المتابعة.
- تحسين الصحة الفموية.
- تقليل الضغط على نظام الزرع.
- العادات الليلية غير الطبيعية حيث يمكن إزالة التعويض أثناء الليل.
- تكلفة أقل وتكلفة المخبري (RP-5).
- سهولة الإصلاح.
- الجهاز المؤقت أقل تطلباً من الترميم الثابت المؤقت.

1-4 سلبيات الأجهزة الفوقية المدعومة بالزرعات

رغم المزايا الإيجابية العديدة لاستخدام الزرعات في تثبيت الأجهزة المتحركة، فإن استعمالها يحمل العديد من نقاط الضعف والمخاطر المحتملة أهمها **(Misch 2004)**:

- نفسية (الحاجة إلى أسنان ثابتة).
- تحتاج مسافة إطباقية أكثر.

- تحتاج إصلاح طويل الأمد أكثر (حاجة أكبر للصيانة على المدى الطويل).
- الوصلات (تغيير).
- الحاجة للتبطين.
- تعويض جديد كل 7 سنوات.
- استمرار فقدان العظم الخلفي (RP-5).
- انحصار الطعام.
- الحركة (RP-5).

2. الطبعة السنية Dental Impression:

تعرَّف الطبعة السنية في معجم مصطلحات التعويضات السنية Glossary of Prosthodontic Terms بأنها النسخة السلبية للبنى الفموية وتستخدم لإنتاج نسخة إيجابية لهذه البنى من أجل استخدامها سجلاً دائماً أو من أجل تصنيع الترميمات والتعويضات السنية (السعدي، 2010).

2-1 لمحة تاريخية:

تلعب مواد الطبع دوراً مهماً في صنع الترميمات السنية غير المباشرة، بتأثيرها على دقة الترميم، فجودة الطبعة هي التي تحدد جودة الترميم وقد عرف طب الأسنان سلسلة متعددة من مواد الطبع، والتي تطورت عبر الزمن؛ في منتصف القرن السابع عشر، سجّل الجراح العسكري الألماني Gottfried Purman إشارات مبكرة إلى صنع طبعة بالشمع لتصنيع أجزاء من الفكين والأسنان (Punj, Bompolaki et al. 2017).

يعود تطور الطبعات التقليدية المستخدمة لصنع الأمثلة، إلى أوائل القرن الثامن عشر. ولكن لم تتم جيداً حتى عام 1856 عندما قام الدكتور Charles Stent باستخدام مادة طبع في تصنيع الجهاز الذي يحمل اسمه لتصحيح التشوهات الفموية، ولا يوجد توثيق لاستخدام مادة طبع غير شمع العسل أو جبس باريس، اللذان يعانيان من مشاكل كبيرة؛ مثل التشوه أو صعوبة الاستخدام، لصنع تعويض فموي (Ring 2001).

تم إدخال مواد الطبع الغروية الردودة في عام 1925، تبعها المواد الغروية غير الردودة Hydrocolloid في عام 1941. في عام 1953، استُخدمَ polysulfide متعدد الكبريت كمادة طبع جنباً إلى جنب مع C. silicones السيليكون التكثيفي، ولكن كلاهما يظهر تقلصاً كبيراً على مدى عدة ساعات، ويرجع ذلك أساساً إلى تبخر المنتجات الثانوية ذات الوزن الجزيئي المنخفض. في أواخر الستينيات، اقتُرح البولي ايتر كبوليمير بديل بسبب خصائصه الميكانيكية المحسنة والتقلص المنخفض. في السبعينيات، ظهر البولي فينيل سيلوكسان Poly Vinyl Siloxane (PVS) بأنماطه المتعددة والتي حاولت أن تفي بكل متطلبات الحصول على طبعة تسجل فيها التفاصيل الدقيقة وتحافظ على الأبعاد والمعالم التشريحية بدقة للحصول على مثال دقيق (Fuster Torres, Albalat Estela et al. 2009).

في أوائل السبعينيات من القرن الماضي، تصوّر Francois Duret كيف يمكن توظيف التكنولوجيا الرقمية المستخدمة بالصناعة في مجال طب الأسنان من أجل عمل الطبعة الرقمية، وذلك في أطروحته المقدمة في كلية طب الأسنان في جامعة Claude Bernard، في ليون، فرنسا في عام 1973 بعنوان "Optique Empreinte" (الطبعة البصرية). لقد تصوّر فكرة تطبيق التصوير بالليزر لعمل طبعة بصرية للأسنان ونحت الترميم، والتي تمثل في نهاية المطاف العملية الأصلية لالتقاط البيانات المستخدمة في الـ CAD/CAM في الترميمات السنية حالياً، مع نقل البيانات الرقمية إلى آلة خراطة لصناعة ترميمات سنية متنوعة. ومن المثير للاهتمام، أن الآخرين في ذلك الوقت لم يشاركوه حماسه ورفضوا أفكاره باعتبارها خرافة (Mörmann, Brandestini et al. 1987, Masri and Driscoll 2015).

تمَّ تنقيح وتطوير مفهوم Duret بشكل أكبر في بداية عام 1980 عندما بدأ Werner Mörmann بالتعاون مع Marco Brandestini، في جامعة Zürich في سويسرا تجاربه في تصنيع الترميمات السنية. وبحلول كانون الأول عام 1980، أخذ Mörmann أول مسح سني داخل فموي لمريض. وبعد ذلك بعامين، في عام 1982، تمَّ تطوير أول ماسح داخل فموي ثلاثي الأبعاد. وفي عام 1983، تمَّ أخذ أول طبعة بصرية لترميم inlay بنجاح،

وفي عام 1985 تمَّ تقديم أول كاميرا ثلاثية الأبعاد للتصوير داخل الفموي CEREC 1 (Masri and Driscoll 2015).

طُوِّرت بعدها أنظمة CEREC 2 و3 CEREC مع نظام CEREC 3D النهائي في 1994 و 2000 و 2003 على الترتيب. يعد اليوم Primescan هو أحدث نسخة في عائلة CEREC. كان نظام CEREC هو الماسح الفموي الوحيد المتاح تجارياً لسنوات عديدة. ولكن شهد العقد الماضي زيادة سريعة في عدد الشركات المصنعة، وتتوفر حالياً العديد من أنظمة المسح الرقمية داخل الفموية التي تعتمد على تقنيات مسح مختلفة (Ramiro, Hassan et al. 2019).

ومع بداية العقد الثالث من القرن الحادي والعشرين، بدأ دمج الذكاء الاصطناعي في برمجيات أجهزة المسح الفموي، مما أدى إلى تحسين دقة التسجيل وتقليل الحاجة لإعادة المسح، عبر خوارزميات تعلّم آلي وتعلّم عميق مسؤولة عن تقسيم الطبعة (segmentation) وتنقية الضوضاء وتوجيه المستخدم أثناء العملية السريرية وتقييم جودة المسح تلقائياً. أسهم هذا الدمج بتسريع الانتقال نحو سير عمل رقمي متكامل وأكثر كفاءة في الممارسات السنية الحديثة (Keeling et al., 2021; Patil et al., 2022; Hickel et al., 2023).

2-2 المواد الطابعة Impression Materials

2-2-1 المتطلبات الواجب توافرها في المادة الطابعة

يجب أن تتمتع مواد الطبع بمجموعة من الصفات وهي (Anusavice, Shen et al. 2012):

1- التقبل الحيوي (Biocompatibility) أي يجب ألا يكون للمادة الطابعة أي تأثير سمي أو تحسسي عند تماسها للنسج الحية.

2- أن تتمتع بصفات فيزيائية وكيميائية تمكنها من تحقيق هدفها، وهو الحصول على مثال دقيق للنسج المنسوخة أي:

- أن تكون المادة الطابعة سيّالة إلى حد ما لتستطيع الدخول والتسرب إلى أدق التفاصيل وعكسها، وأن تكون قادرة على البقاء في الطابع، وعدم رؤية أي جزء منه ما عدا الصادمات.
- ألا يطرأ عليها أي تشوه أو التواء عند نزعها من الفم.
- أن تكون التبدلات في أبعادها محدودةً جداً.
- أن تبقى من دون تشوه قبل صبها بمواد الأمثلة.
- أن تحافظ على شكلها وخواصها عند صبها بمواد الأمثلة.

3- أن تكون سهلة الاستخدام، ولا سيما المواد الحاوية على مكونات متنوعة، وهذا يعني:

- سهولة تأمين النسب بين عناصرها على نحو دقيق وواضح.
- سهولة مزج المكونات حتى تكون متجانسة.
- إمكانية تخزينها من دون أن يطرأ عليها أي تبدل أو تخرب في مكوناتها.
- رخص الثمن.
- زمن التصلب مقبول في درجة حرارة الفم.
- أن تُنزع من الفم كتلة واحدة بسهولة.
- أن تُفصَل عن المثال الجبسي كتلة واحدة.
- ألا تحتاج إلى مواد عازلة لدى صبها بالجبس.

2-2-2 تصنيف المواد الطابعة

هناك العديد من التصانيف للمواد الطابعة (Del'Acqua, Chávez et al. 2010) تبعاً لـ:

❖ قابلية المادة للعودة إلى وضعها بعد التصلب:

<u>مواد طابعة ردودة:</u>

- الآغار- آغار

- شمع الطبعات

مواد طابعة غير ردودة:

- الألجينات
- المطاط المرن
- جبس الطبعات
- معجون أكسيد الزنك والأوجينول

❖ الحالة الفيزيائية للمادة المتصلبة:

مواد طابعة مرنة:

- مواد غروية: الآغار– آغار، الألجينات
- مواد مطاطية: متعدد الكبريت، متعدد الإيتر، السيليكون ذو التفاعل التكاثفي، السيليكون ذو التفاعل الإضافي

مواد طابعة غير مرنة:

- أكسيد الزنك والأوجينول
- الشمع
- جبس الطبع
- مركب الطبع

❖ تصنيف American National Standerds Institute / American Dental Association ANSI/ADA وذلك بحسب:

احتوائها على الماء Aqueos:

- الآغار–آغار
- الألجينات

عدم احتوائها على الماء Non–Aqueos:

- متعدد الكبريت
- متعدد الإيتر
- السيليكون ذو التفاعل التكاثفي
- السيليكون ذو التفاعل الإضافي

❖ تصنيف المواد الطابعة المطاطية حسب اللزوجة:

- منخفض اللزوجة Light body
- متوسط اللزوجة Medium body
- عالي اللزوجة Heavy body
- كثيف اللزوجة أو عجيني القوام Very Heavy or Putty

2–2–3 مواد الطبع السيليكونية Silicone Impression Materials:

إن مواد الطبع السيليكونية هي الأكثر دقة والأسهل في الاستعمال من بين مواد الطبع المرنة.

السيليكون التكاثفي Condensation silicones ذو زمن عمل يتراوح بين 5–7 دقائق، ويمكن تعديله بتغيير نسبة المسرع. لها رائحة مستحبة وقوى مقاومة تمزّق مرتفعة بشكل عام، وشفاء ممتاز من التشوه. مواد الطبع السيليكونية كارهة للماء الأمر الذي يجعل من صب المثال مشكلة. يمكن لهذه المواد أن تطهر بأي من محاليل التطهير بدون أي تعديل في الدقة. نظرياً يجب أن تصب هذه المواد في غضون ساعة واحدة.

إن السيليكون الإضافي Additional silicone هو الأكثر دقة من بين مواد الطبع المرنة. إن له تقلصاً تصلبياً أصغرياً Polymerization shrinkage وتشوهاً منخفضاً Low distortion ومقاومة مرتفعة لقوى التمزق. ولهذه

المواد زمن عمل من 3–5 دقائق والذي من الممكن أن يعدل بسهولة بواسطة المبطئات Retardants ومن خلال ضبط درجة الحرارة. ليس لها طعم أو رائحة. معظم السيليكونات الإضافية متوفرة ضمن أجهزة ذاتية المزج ويمكن صبها حتى مدة أسبوع بعد أخذ الطبعة بنتائج مقبولة سريرياً، وهي مستقرة في معظم سوائل التعقيم. إن وجود الكبريت Sulfur في الكفوف المطاطية، وعند وجود محاليل تبعيد اللثة التي تحوي سلفات الألمنيوم والحديد فمن الممكن أن يؤثر ذلك على تصلبها أو بلمرتها. وهي متوفرة بكلا الشكلين الكاره والمحب للماء، والعديد من الأنواع الكارهة للماء من الصعب صبها بالجبس، كما أن الالتصاق بالطوابع الإكريلية ليس جيداً.

القوامات القاسية لهذه المواد لها فترة استعمال قصيرة نسبياً short shelf life وهي الأغلى بين مواد الطبع المرنة الأخرى (Carr and Brown 2010).

2-2-4 لزوجة مادة الطبع:

أظهرت نتائج دراسات متعددة أن العامل الأهم الذي يجب أخذه بالحسبان عند اختيار اللزوجة المناسبة لمادة الطبع هو عمق موقع الزرعات ضمن اللثة، حيث أنّه في حالات التوضع القياسي للزرعات تحت اللثة لا يوجد فرق بين دقة الأمثلة النهائية الناتجة عن طبعة المرحلة الواحدة (one-step technique) باستخدام القوام المتوسط (medium-body) أو القوامين القاسي والرخو (putty and light-body) معاً، أمّا عند توضع الزرعات عميقاً تحت اللثة تكون طبعات القوام القاسي والرخو بمرحلة واحدة أكثر دقة من طبعات القوام المتوسط (Nakhaei, Madani et al. 2015)، وبالنسبة لتقنية الطبعة بمرحلتين (two-step technique) فإن نتائج الدراسات لم تنصح بها (Wenz, Reuter et al. 2008).

3. طبعات الزرع التقليدية:

يعتبر الممارسون أن تسجيل طبعة نهائية دقيقة هو حجر الأساس في بناء جهاز كامل ناجح أو على أقل تقدير هي مرحلة من أهم المراحل في إنجاز هذا العمل ونتيجة لذلك ظهرت القاعدة التي تقول أن الطبيب عليه صنع الطبعة وليس أخذها. ومن أجل تحقيق ذلك يحتاج الطبيب لاختيار تقنية ومادة الطبع المناسبة لكل مريض ومن

المؤكد أن حالة النسج الحاملة للجهاز والنسج المحيطة هي العوامل الأكثر أهمية عند اختيار التقنية والمادة المناسبتين (McCord and Grant 2000).

يوجد العديد من العوامل التي تؤثر على دقة طبعات الزرع التقليدية مثل تزوي وعدد الزرعات بالإضافة إلى التقلص التصلبي للمادة الطابعة وتمدد الجبس الحجري كذلك صلابة مادة الطابع وتقنية الطبعة (Sahin and Çehreli 2001).

3-1 تقنيات الطبعات التقليدية للتعويض فوق الزرع (Implant Impression Techniques):

3-1-1 التقنية المباشرة (Direct Technique):

- تدعى بتقنية الطابع المفتوح وفيها تُحل براغي النواقل للزرعات قبل إخراج الطبعة من الفم ثم تُربط الزرعات المخبرية مع النواقل وتُحقن مادة شبه مطاطية حول اتصال الناقل مع الزرعة المخبرية تعد بمنزلة النسج الرخوة ضمن الطبعة قبل صبها.
- تتميز هذه التقنية ببقاء الناقل ضمن الطبعة عند إخراجها من الفم ما يقلل من تأثير ميلان الزرعة على دقة الطبعة. كما نتخلص من مشكلة إعادة وضع ناقل الطبعة إلى مكانه المخصص داخل الطبعة بعد إزالتها (Vigolo, Givani et al. 2004).
- ومن مساوئ هذه التقنية أنها قد تحدث حركة الناقل داخل مادة الطبع خلال المراحل السريرية والمخبرية مما يؤدي إلى نقص في دقة نقل الموقع الفراغي للزرعات السنية من الجوف الفموي إلى مثال العمل النهائي، كما قد تحدث بعض الحركات الدورانية لناقل الطبعة عند ربطه بالزرعة المخبرية، بالإضافة إلى أن عملية الربط ما بين الزرعة المخبرية والناقل تكون غير مرئية الأمر الذي قد يسبب انزياحه عن مكانه الصحيح في الطبعة (Ercoli, Geminiani et al. 2012).
- هناك صعوبة في استخدام هذه التقنية في المناطق الخلفية نظراً لتحدد فتحة الفم (Walker, Ries et al. 2008).

❖ أهمية تجبير نواقل الطبعة:

- أكدت العديد من الدراسات على أهمية الوصل ما بين نواقل الطبعة قبل أخذ طبعة الزرعات السنية النهائية لضمان دقة الطبعة المنجزة (Papaspyridakos, Benic et al. 2012).
- إن الهدف الرئيسي لوصل نواقل الطبعات باستخدام مادة صلبة هو منع الحركة الفردية للنواقل في أثناء عملية أخذ الطبعة للمحافظة على دقة العلاقات الداخلية بين الزرعات المتعددة (Prithviraj, Pujari et al. 2011).
- إن دوران النواقل داخل الطبعة في أثناء ربطها مع الزرعات المخبرية هي واحدة من مشاكل تقنية الطبعة المباشرة التي تؤثر على الدقة، كما وقد عدّ البعض وصل النواقل عاملاً حاسماً لصنع الأمثلة النهائية الأكثر دقة بغض النظر عن نوع المادة الطابعة (Hariharan, Shankar et al. 2010).
- غالباً ما يستخدم الراتنج الإكريلي كمادة رابطة في تقنية الوصل ما بين الزرعات السنية، إلا أنه يُعاب عليه تشوّهه بسبب تقلصه التصلبي وخاصة عندما تستخدم كمية كبيرة من الراتنج الإكريلي الذي يمكن أن يسبب تشوهاً ناتجاً عن تقلصه التصلبي (de Faria, Silva-Concílio et al. 2011, Papaspyridakos, Benic et al. 2012).
- كما حذر Spector في دراسته عام 1990 أن عملية تصلّب الراتنج الإكريلي المستمرة تولد جهوداً (Stresses) تبقى كامنةً داخل مادة الوصل وقد يسبب تحررها عند نزع الطبعة مع النواقل إلى انحراف النواقل بسبب تأثرها بتلك الجهود المتحررة (Spector, Donovan et al. 1990).
- اقترح بعض الباحثين بوصل نواقل الطبعة على المثال الجبسي بالراتنج الإكريلي ذاتي التصلب، ثم تفصل هذه النواقل عن بعضها بشقوقٍ طوليةٍ في الإكريل، ثم تنقل إلى فم المريض لكي توصل كتل الإكريل مجدداً في فم المريض بمقدارٍ قليلٍ من نفس المادة وذلك لتقليل كمية التقلص التصلبي والتشوه الناجم عنه ثم ينتظر التصلب الكامل للمادة (Spiekermann 1995).

- إلا أن Vigolo وزملاؤه نوّهوا في دراستهم عام 2004 بأن استخدام كمية كبيرة من الراتنج الإكريلي لإعادة وصل المادة الرابطة قبل أخذ الطبعة قد يسبب تقلصاً تصلبياً يؤدي إلى انزياح النواقل مما يؤثر على دقة المثال الناتج عن الطبعة(Vigolo, Fonzi et al. 2004)، وقد وافقه بذلك Ercoli عام 2011 الذي أشار إلى أنه حتى لو قُسّمت مادة الوصل إلى أجزاء منفصلة فإنها قد تخضع إلى تقلصٍ ثابتٍ ناجم عن مادة الراتنج الإكريلي المستخدمة في إعادة الوصل (Ercoli, Geminiani et al. 2012).

3-1-2 التقنية غير المباشرة (Indirect Technique):

- أو ما تُدعى تقنية الطابع المغلق، يتم فيها ربط النواقل بالزرعات وتُسجل الطبعة ثم تُزال من الفم بعد تمام التصلب من دون إزالة النواقل مع الطبعة (Nakhaei, Madani et al. 2015).
- تُحل براغي النواقل وتُزال النواقل من الزرعات ويتم ربطها مع الزرعات المخبرية خارج الفم ثم وضعها ضمن المكان المخصص لها بالطبعة وبعدها يتم حقن المادة شبه المطاطية الممثلة للثة والنسج الرخوة ثم يتم صب الطبعة لنحصل على المثال النهائي (Prithviraj, Pujari et al. 2011).
- تتميز هذه التقنية بإمكانية استخدامها في حالات قصر المسافة بين القوسين السنيتين وتحدد فتحة الفم (Herbst, Nel et al. 2000).
- تتميز باتصال الناقل مع الزرعة المخبرية بوضوح وبشكل مرئي أكثر من تقنية الطابع المفتوح (Carr 1991).
- لكن بالمقابل في التقنية غير المباشرة قد يحدث خطأ بالاتجاه العمودي الإطباقي اللثوي في أثناء إدخال المركب (ناقل-زرعة مخبرية) في مكانه المخصص بالطبعة (Barrett, de Rijk et al. 1993).
- أظهرت اضطراباً في تسجيلها لمواقع الزرعات السنية داخل الفم وتشوهاً لاحقاً للمادة الطابعة خاصةً في حالات الزرعات السنية غير المتوازية، كما أنها تكون غير مناسبة في حالات الزرعات السنية العميقة (Burawi, Houston et al. 1997).

- تستطب هذه التقنية في حالة المسافة بين الفكين المحدودة وفي حال صعوبة الوصول إلى المنطقة الخلفية من الفك وعند المرضى الذين يعانون من منعكس إقياء شديد (Hsu, Millstein et al. 1993, Baig 2014).

– ما يتعلّق أيضاً بنجاح ودقة الطبعة الاختيار الجيد للطابع والمادة الطابعة (Faria, Neves et al. 2011).

4.سير العمل الرقمي لحالات التعويض فوق الزرع:

يمكن أن يكون سير العمل الرقمي إما مباشر أو غير مباشر. يتضمن سير العمل غير المباشر أخذ طبعة زرع تقليدية، والتي يتم رقمنتها تالياً في المختبر باستخدام ماسح مخبري خارج فموي مناسب ونواقل مسح مخبرية. شرط أساسي للحصول على هذا النموذج السني هو وجود طبعة زرع تقليدية باستخدام نواقل الطبعة المناسبة. تضاف الأخطاء في الطبعة التقليدية وعملية المسح إلى الخطأ الكلي، وقد تم توثيق أن هذا الخطأ يتراوح بين 15 و67 ميكرومتر في الظروف التجريبية. بينما يتضمن سير العمل المباشر استخدام نواقل المسح الفموية أو جهاز مسح فموي لإنشاء مسح رقمي بشكل مباشر لفم المريض، وبالتالي مراحل سريرية أقل من الرقمنة خارج الفموية، والذي قد يتجلّى بدقة وفعالية أعلى لتصنيع الترميمات السنية بواسطة CAD/CAM (Kim, Nicholls et al. 2006, Beuer, Schweiger et al. 2008, Güth, Keul et al. 2013).

4-1 الطريقة غير المباشرة لسير العمل الرقمي (Wadhwa 2024):

يمكن إجراء رقمنة تحضيرات الأسنان والحافة السنخية المتبقية لدى مرضى الدرد الكامل و/أو الجزئي بطريقة غير مباشرة باستخدام أجهزة المسح المخبرية، والتي تتيح رقمنة الطبعات التقليدية أو الأمثلة الجبسية النهائية. غالباً ما يفضل الأطباء السريريين هذا النهج، خاصةً من الجيل الأكبر سناً الذين يشعرون بالارتياح مع إجراءات أخذ الطبعات التقليدية، إذ يترددون في استثمار المال والوقت لشراء أجهزة المسح الفموية (IOSs) والتدرب على إجراءات المسح داخل الفم. ولذلك، لا تزال الطبعات التقليدية تمثل الطريقة السائدة لأخذ الطبعات في الممارسات السريرية، على الرغم من أن هذا التوجُّه من المتوقع أن يتغير في السنوات القادمة مع انخفاض أسعار أجهزة المسح الفموية.

هناك العديد من الشركات المصنعة لأجهزة المسح المخبرية، وغالباً ما تكون أسعارها أقل بكثير من أسعار أجهزة المسح داخل الفم.

هناك عدة سلبيات للطريقة غير المباشرة، منها الحاجة إلى شراء المواد المطاطية والطوابع الجاهزة والجبس السني، بالإضافة إلى الحاجة لاستخدام مساحة تخزين إضافية وخدمات البريد أو النقل لإرسال الطبعات و/أو الأمثلة إلى المختبر. علاوةً على ذلك، قد تحدث بعض الأخطاء الإضافية أثناء عملية تصنيع الترميمات النهائية ناتجة عن خصائص استقرار الأبعاد واستعادة المرونة للمواد المطاطية، وكذلك نتيجة تمدد الجبس السني.

على الرغم من وجود العديد من الدراسات حول الماسحات الفموية، إلا أن الأبحاث المتعلّقة بالماسحات المخبرية محدودة. ومع ذلك، تشير الأدبيات المتوفرة إلى أن الترميمات النهائية التي تم تصنيعها استناداً إلى الطبعات الرقمية الفموية أظهرت حوافاً مفتوحة أصغر بشكل ملحوظ (من 86.09 ± 61.46 ميكرومتر إلى 88.95 ± 54.46 ميكرومتر) من تلك التي تم تصنيعها بناءً على إجراءات المسح المخبري (143.29 ± 100.71 ميكرومتر) (Bosniac, Rehmann et al. 2019).

وقد أظهر بحث Güth وزملائه أنّه إذا كان سيتم تنفيذ الإجراء المخبري، فمن الأفضل رقمنة الطبعة النهائية التقليدية بدلاً من المثال الجبسي النهائي (Güth, Keul et al. 2013).

ويمكن عزو ذلك إلى حقيقة أنه تتم إضافة خطوة مخبرية إضافية في سير العمل عند تصنيع المثال الجبسي، وإلى تمدد الجبس السني عالي المقاومة، الذي يتراوح بين 0.08% و0.1% (Jm 2006).

ومع ذلك، فقد أظهرت أبحاث أخرى أن مسح المثال الجبسي يؤدي إلى فروق أصغر من مسح الطبعة النهائية. علاوةً على ذلك، يبدو أن هناك اختلافاً في انطباق الحواف للتركيبات المصنوعة لمجموعات الأسنان المختلفة؛ حيث تُلاحظ عادةً الحواف المفتوحة بشكل أكبر في القواطع والأنياب، التي تتميز بجدران محورية أكبر وزوايا أكثر حدة، مقارنةً بالضواحك والأرحاء. يبدو أن عملية الرقمنة تُظهر عدم كفاءة في التقاط التجاويف العميقة، كما هو الحال في الطبعات النهائية للأسنان الأمامية (Lee, Kim et al. 2014).

4-1-1 الأجهزة المستخدمة في هذه الطريقة (Sanda, Miyoshi et al. 2021):

1- آلة قياس الإحداثيات (Coordinate Measuring Machine – CMM): هي جهاز يُستخدم لقياس هندسة جسم ما. وقد استُخدمت كمعيار للدقة في قياس الأجسام الصلبة لأكثر من خمسة عقود في المجال الصناعي. لذلك، تم توظيف آلات قياس الإحداثيات في العديد من الدراسات لتقييم دقة بيانات الطبعات الرقمية.

من عيوب آلة قياس الإحداثيات أنها تفتقر إلى سرعة المسح، كما أن عدد النقاط التي يتم الحصول عليها من سطح النموذج محدود مقارنةً بأجهزة المسح الصناعي ثلاثية الأبعاد. بالإضافة إلى ذلك، يتطلب الحصول على قياس دقيق لشكل معقد باستخدام آلة قياس الإحداثيات، توفر معلومات عن شكل السطح قبل إجراء المسح.

2- الماسحات الصناعية ثلاثية الأبعاد (Industrial 3D scanners): تم إدخالها إلى الصناعة خلال العقدين الماضيين. وتشير التقارير إلى أن البيانات الممسوحة باستخدام هذه الأجهزة الصناعية ثلاثية الأبعاد دقيقة بما يكفي لاستخدامها كمرجع. ويتميز حجم هذه الأجهزة بأنه أصغر وتكلفتها أقل مقارنةً بأجهزة قياس الإحداثيات (CMMs). وعلى عكس أجهزة قياس الإحداثيات، يمكن للماسحات الصناعية ثلاثية الأبعاد التقاط ملايين النقاط على سطح الجسم في الوقت نفسه، حتى وإن كان شكل السطح معقداً. وتُظهر الماسحات الصناعية ثلاثية الأبعاد المتوفرة حالياً انحرافات قصوى ضمن بضعة ميكرومترات فقط.

3- الماسح المخبري السني (Dental laboratory scanner): استُخدم بدلاً من الماسحات الصناعية ثلاثية الأبعاد للحصول على البيانات المرجعية. وتُستخدم هذه الأجهزة لمسح نماذج الأمثلة الناتجة عن طبعة تقليدية وإنشاء بيانات سطحية ثلاثية الأبعاد، والتي يتم تصديرها بعد ذلك إلى برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD software) لتصميم الترميمات السنية. تتراوح دقة الماسحات الصناعية بين 1 إلى 10 ميكرومتر (µm)، في حين أن دقة جهاز المسح المخبري تتراوح بين 2 إلى 10 ميكرومتر (µm)، مما يشير إلى أن دقة الطبعات الرقمية التي يتم الحصول عليها بواسطة المواسح المخبرية السنية قابلة للمقارنة مع دقة جهاز المسح الصناعي ثلاثي الأبعاد (industrial 3D scanner).

4-2 الطريقة المباشرة لسير العمل الرقمي:

حيث يتم التقاط البيانات بشكل مباشر من فم المريض إما عن طريق المواسح داخل الفموية أو باستخدام كاميرا خاصة خارج فموية لتحديد الموقع ثلاثي الأبعاد للزرعة.

4-2-1 تقنية القياس التصويري (PG: Photogrammetry)

هي تقنية حديثة للتسجيل المباشر والموثوق لمواقع زرعات متعددة داخل الفم. تستخدم لتحديد الخصائص الهندسية للأجسام وترتيبها الفراغي من الصور الفوتوغرافية. وتتمثل أهم ميزاتها في الدقة التي يمكن بها قياس الأجسام دون تماس مباشر (Peñarrocha-Oltra, Agustín-Panadero et al. 2014).

لقد تم استخدام القياس التصويري (photogrammetry) على نطاق واسع في مجالات الهندسة البحرية وصناعة السيارات والطبوغرافيا منذ أوائل ثمانينيات القرن الماضي، ولم يتم دمجها في مجال طب الأسنان إلا مؤخراً لتسجيل الزرعات في حالات مرضى الدرد الكامل الذين يحتاجون تعويض مدعوم بالزرع على قوس كامل (Wadhwa 2024).

يحتوي نظام القياس التصويري على عدة كاميرات ذات نطاق مسح أوسع وسرعة مسح أعلى مقارنة بأجهزة المسح داخل الفم. كما أن الماسح يلتقط الصور خارج الفم على بعد 15-30 سم، مما يقلل من تأثير اللعاب والدم والبيئة الرطبة على الدقة. ومع ذلك، توجد بعض القيود لنظام القياس التصويري؛ إذ إنه يسجل فقط معلومات موقع دعامات الزرعات السنية داخل تجويف الفم لدى المريض. ولذلك، هناك حاجة إلى إجراءات إضافية للحصول على معلومات عن النسج الرخوة للحفرة الفموية، والتي قد تتضمن تراكب مسح داخل فموي أو مثال تقليدي مُسح رقمياً. بالإضافة لذلك، تتطلب تقنية PG استخدام نواقل مخصصة مختلفة عن تلك في نظام IOS (Ma, Yue et al. 2021, Revilla-León, Att et al. 2021).

4-2-2 الطبعات الرقمية باستخدام المواسح الفموية:

إن الحصول على طبعة رقمية هو إجراء سهل الاستخدام للغاية يخدم الممارسة السريرية اليومية. ومع ذلك، وراء بساطة هذا الإجراء يوجد آلية عمل معقدة إلى حد ما. يبدأ سير عمل الماسح الضوئي الفموي بإصدار شعاع ضوئي (ليزر أو ضوء منتظم) نحو الجسم المراد رقمنته. عند وصوله إلى سطح الجسم، يتعرض شعاع الضوء للتشوه، ويتم التقاط هذا التأثير البصري بواسطة كاميرتين أو أكثر في رأسية أجهزة الماسح الضوئي الفموي (IOS). ثم يتم استخدام برنامج معالجة لحساب الإحداثيات ثلاثية الأبعاد (x،y،z)، وإنشاء سحب نقطية وشبكات. يسمح التسجيل والربط المناسب لهذه السحب النقطية والشبكات لاحقاً بإعادة بناء ثلاثية الأبعاد للجسم الممسوح، مما ينشئ نموذجاً موثوقاً.(Logozzo, Zanetti et al. 2014, Marques, Ribeiro et al. 2021)

يعرف مصطلح "الماسح الضوئي"، في مجال طب الأسنان، بأنه أداة يتم بواسطتها جمع البيانات (صور– فيديو) ثلاثية الأبعاد والتي تلتقطها للأقواس السنية ومجاوراتها وتحويلها إلى مجموعة بيانات رقمية (Standard (STL Tessellation Language or Stereolithographic File، ليتم التعامل معها رقمياً كسجل أو طبعة ووضع التصميم للعمل المراد إنجازه ومن ثم تصنيعه. يمكن للماسح الضوئي الرقمي أن يستبعد الأخطاء البشرية والوقت والتغير في أبعاد مواد الطبع التقليدية والأمثلة الجبسية (Beuer, Schweiger et al. 2008).

بشكل مشابه للمواسح الضوئية ثلاثية الأبعاد (3D) الأخرى، فإنها تسلط مصدر الضوء (ليزر، أو مؤخراً ضوء منتظم) على الشيء المراد مسحه، في هذه الحالة الأقواس السنية، متضمنة الأسنان المحضرة ونواقل المسح للزرعة (بمعنى آخر، أسطوانات مثبتة بالبراغي على الزرعات، تستخدم لنقل موقع الزرعة ثلاثي الأبعاد) .(Zimmermann, Mehl et al. 2015)

تعالج صور النسج اللثوية السنية (كذلك نواقل المسح للزرعة) التي تم التقاطها بواسطة مستشعرات التصوير، من خلال برنامج المسح الضوئي، الذي يولد غيوم نقطية (points clouds). ثم يتم تثليث هذه الغيوم النقطية عن طريق نفس البرنامج، مشكلاً مثال للسطح ثلاثي الأبعاد (شبكة). الأمثلة السطحية ثلاثية الأبعاد للنسج اللثوية

السنية هي نتيجة الطبعة البصرية وهي البديل "الافتراضي" للأمثلة الجبسية التقليدية (Imburgia, Logozzo et al. 2017, Mangano, Gandolfi et al. 2017).

4-2-2-1 نواقل المسح (Intraoral Scan Bodies-ISBs) (Marques, Ribeiro et al. 2021):

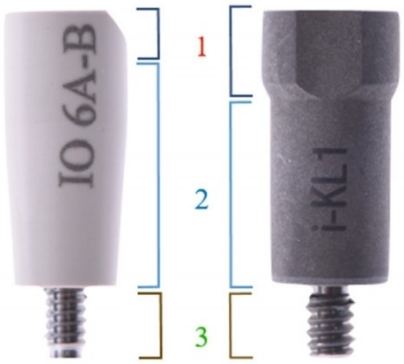
-لالتقاط موقع الزرع بشكل صحيح باستخدام طبعة رقمية، من الضروري استخدام ناقل طبعة مخصص يسمى ناقل المسح. يمكن أن تكون مناطق الدرد صعبة القراءة والتفسير الحسابي للمواسح الفموية، بسبب نقص المراجع التشريحية المميزة، ولهذا فإن وجود تصميم موثوق لناقل المسح مهم جداً لتحسين دقة الأمثلة الرقمية للزرعات.

بشكل عام، ISBs مكونة من ثلاث مناطق واضحة كما في الشكل(1):

1- منطقة المسح scan region (تقابل الجزء العلوي).

2- الجسم the body (تقابل الجزء المتوسط).

3- القاعدة the base (تقابل أكثر جزء ذروي والذي يتصل مع الزرعة).



الشكل (1): أجزاء ناقل المسح (Marques, Ribeiro et al. 2021)

تحتوي منطقة المسح على واحدة أو أكثر من أماكن المسح، والتي قد تكون لها أشكال مختلفة، من أجل تحسين دقة الطبعات الرقمية. من خلال دمج شكل غير متناظر في منطقة المسح، تصبح عملية التعرف على السطح بواسطة برنامج CAD أكثر بساطة (Mizumoto and Yilmaz 2018).

تصنع أغلبية نواقل المسح المتوفرة تجارياً من أحد هاتين المادتين المختلفتين، البولي ايتر ايتر كيتون (PEEK) والتيتانيوم. لكن قد يحتوي جسم ناقل المسح أيضاً على خليطة من الألمنيوم ومواد راتنجية متنوعة. من المهم مراعاة قابلية هذه المواد للتشكيل بالخراطة ومعايير التصنيع لتحسين دقة نواقل المسح. يتراوح ارتفاع نواقل المسح المتاحة تجارياً من 3 إلى 17 مم (Mizumoto and Yilmaz 2018).

عادةً ما تكون الأسطح غير اللامعة (الكامدة) والناعمة وغير الشفافة أسهل في الالتقاط في الطبعة الفموية الرقمية مقارنةً بالأسطح اللامعة أو الخشنة أو الشفافة. داخل الفم، يصبح الأمر تحدياً كبيراً بسبب الانعكاس السطحي الناتج عن اللعاب. أظهرت الدراسات الحديثة أن الأسطح العميقة أو شديدة الانحدار أو الحادة أو المزواة أو المزدحمة أو الغائرة أيضاً تكون أكثر صعوبة في المسح، مما يؤدي إلى سحب نقطية أقل دقة.

قد يكون من الضروري والمفيد تصنيع نواقل مسح بخصائص محددة للحالات داخل الفم. على سبيل المثال، قد يكون ناقل المسح الضيّق أكثر فعالية في الحالات التي تكون فيها المسافة بين الأسنان محدودة، وقد يكون ناقل المسح الأقصر أسهل في الالتقاط لدى مرضى الدرد الكامل أو ذوي فتحة الفم المحدودة (Mizumoto and Yilmaz 2018).

–ومع ذلك، في حالات إعادة تأهيل الفك الأدرد، تبقى التحديات في الحصول على طبعة رقمية دقيقة قائمة. من الضروري إنشاء تصميم لناقل المسح يمكن التعرف عليه بسهولة بواسطة الماسح الفموي، ويسهل على المشغل التعامل معه، ويكون مريحاً للمريض.

المادة الأكثر استخداماً في مواد ISB كانت PEEK، ولكن تم فحص مواد أخرى أيضاً، مثل الخزف (Del Corso, Abà et al. 2009) والمعادن (الستانلس ستيل) وبوليمر غير محدد (Amin, Weber et al. 2017)، وخليطة التيتانيوم، والمواد الهجينة التي تحتوي على كل من التيتانيوم وPEEK، أو PEEK والمعدن (Arcuri, Pozzi et al. 2020, Mizumoto, Yilmaz et al. 2020).

عند المقارنة بين المواد المستخدمة في ISB من حيث دقة الأداء، خلصت دراسة أجراها أركوري وزملاؤه إلى أن PEEK كان المادة الأكثر دقة، يتبعه التيتانيوم و PEEK الهجين مع التيتانيوم، على التوالي (Arcuri, Pozzi et al. 2020).

4-2-2-2 العوامل المؤثرة على دقة الطبعات الرقمية باستخدام الماسح الفموي(Gómez-Polo, Piedra-Cascón et al. 2021, Revilla-León, Att et al. 2021):

- تؤثر عوامل مختلفة مرتبطة بخصائص الأجهزة والبرمجيات للنظام على دقة أجهزة المسح الفموية (IOSs) مثل:
  - تقنية الماسح الضوئي.
  - معايرة الماسح الضوئي.
  - طرق المعالجة اللاحقة.
- عوامل متعلقة بخيارات الاستعمال للطبيب:
  - الخبرة.
  - مسارات المسح.
  - إعادة المسح للمنطقة أكثر من مرة (Gómez-Polo, Piedra-Cascón et al. 2021).
  - مدى امتداد المسح الرقمي داخل الفم.
- العوامل البيئية وداخل الفموية:
  - خصائص السطح.
  - اللعاب.
  - الترميمات التي تعكس الضوء (Wadhwa 2024).
  - المخاطية المتحركة (Flügge, Schlager et al. 2013).
  - موقع خط الإنهاء.

- خصائص تحضير السن.
- الرطوبة.
- ظروف الإضاءة المحيطة أثناء المسح.

❖ عوامل متعلقة بالزرعات:

- تصميم ناقل المسح للزرعة.
- كمية اللثة الملتصقة حول نواقل المسح للزرعات.
- طرق تجبير نواقل المسح للزرعات.
- الزاوية والمسافة بين الزرعات.
- نوع ناقل المسح (Mizumoto, Yilmaz et al. 2020).
- عمق الزرعة (Marques, Ribeiro et al. 2021).

❖ عوامل مرتبطة بالفك الأدرد (Chang, Zhao et al. 2020):

- امتصاص الحافة السنخية المتبقية، الذي يؤدي إلى تسطح الفكين العلوي والسفلي.
- حجم رأس الماسح قد يمنع التقاط الصور من الجانب الدهليزي للحدبة الفكية والمنطقة اللسانية الخلفية.
- حركة الغشاء المخاطي في الميزاب الدهليزي وقاع الفم.
- صعوبة السيطرة على اللعاب خاصة بالفك السفلي.
- غياب العلامات المرجعية الواضحة اللازمة لربط الصور، الأمر الذي يتطلب مهارة ودقة عالية من الطبيب للحصول على طبعة ناجحة حيث يؤدي عدم استقرار يدي طبيب الأسنان أثناء عملية المسح إلى تشويه الصور.

4-2-2-3 دقة الماسح الفموي في الاستخدامات السريرية المختلفة: (Mangano, Gandolfi et al. 2017)

فيما يتعلق بالدقة مقارنة بالطبعات التقليدية، فإن الطبعات الرقمية دقيقة بنفس القدر للترميمات المفردة أو الجسور المكونة من 3-4 عناصر على الأسنان الطبيعية وعلى الزرعات، على العكس من ذلك، لا تزال الطبعات التقليدية

هي الحل الأفضل حالياً لترميمات الفقد الطويل، مثل الأقواس الكاملة الثابتة على الأسنان الطبيعية والزرعات (مع عدد أكبر من الدعامات التعويضية).

يختلف IOS المتاح تجارياً حالياً من حيث الدقة. لذلك، قد يكون للجيل الأخير من الأجهزة استطبابات أوسع للاستخدام السريري، في حين أن الأقدم لها استطبابات سريرية أقل. هذا جانب مهم يجب مراعاته قبل شراء IOS، بالإضافة إلى ميزات أخرى مثل الحاجة إلى كمودة اللون وسرعة المسح وأبعاد القبضة وإمكانية الحصول على صور ملونة. من الناحية الفنية، يمكن دمج IOS في نظام مغلق، أو إنشاء ملفات خاصة فقط، أو يمكن أن يكون مفتوحاً، وينتج ملفات (PLY,OBJ,STL) التي يمكن فتحها باستخدام أي برنامج CAD. في هذا الأخير، سيكون هناك قدر أكبر من تنوع الاستخدامات، ولكن يمكن أن يكون نظام الملكية المتكامل بلا شك مفيداً للمستخدم الأقل خبرة.

أخيراً، فإن التطبيقات السريرية الحالية لـ IOS واسعة للغاية، حيث لا يمكن استخدام هذه الأجهزة فقط للتعويضات السنية الثابتة للحصول على الأمثلة الافتراضية اللازمة لتصنيع مجموعة كاملة من الترميمات التعويضية (التيجان المفردة، الجسور الثابتة) على الأسنان الطبيعية والزرعات، ولكن أيضاً في زراعة الأسنان للجراحة الموجهة وتقويم الأسنان. في الوقت الحاضر، لا تدعم الأدبيات استخدام IOS لتصنيع الترميمات طويلة الفقد، مثل الأقواس الكاملة الثابتة المدعومة بالأسنان الطبيعية أو الزرعات. في المستقبل القريب، ستتم إضافة المعلومات اللثوية السنية التي تم التقاطها باستخدام IOS إلى معلومات النسج العظمية التي تم الحصول عليها بواسطة CBCT. إلى جانب معلومات وجه المريض التي تم التقاطها باستخدام ماسح ضوئي للوجه، سيسمح ذلك للأطباء بدمج تنسيقات ملفات مختلفة في نموذج واحد يمكن استخدامه للتخطيط الجراحي والتعويضي والتقويمي: سيكوّن هذا "المريض الافتراضي".

4-2-2-4 الماسح الفموي في التعويضات المتحركة (Masri and Driscoll 2023):

لقد سمحت القدرة على رقمنة تسجيلات الأجهزة المتحركة بنمو هائل في استخدام المسح داخل الفموي في التعويضات المتحركة خاصة مع الأجهزة المتحركة الرقمية. يمكن استخدام الماسحات داخل الفم لرقمنة الطبعات التقليدية

والتجارب السريرية للأجهزة والارتفاعات الشمعية وتسجيلات العلاقة المركزية والأجهزة القديمة للمريض وللمسح الفموي لمرضى الدرد الكامل والجزئي.

تؤمن القدرة على استخدام الماسح الفموي لرقمنة التسجيلات التقليدية بالعيادة خيارات لا حصر لها لتعديل سير العمل التقليدي ليصبح أكثر فعالية. على سبيل المثال، يمكن استخدام الجهاز الحالي للمريض كطابع إفرادي وأخذ طبعة تبطين، مما يوفر تسجيلاً للبنى التشريحية للنسج الرخوة والموقع المطلوب للأسنان وتسجيل العلاقة المركزية. يمكن إنجاز المسح بينما المريض على كرسي المعالجة؛ يمكن إزالة المادة الطابعة بسهولة ويُعاد الجهاز للمريض بشكل فوري، بينما يتم صنع جهاز جديد. تسمح هذه العملية بتصنيع جهاز جديد خلال جلستين. يسمح مسح الطبعات التقليدية والارتفاعات الشمعية والتجارب السريرية التجميلية بسهولة رقمنة التسجيلات التي يمكن تحميلها على برنامج تصميم الجهاز أو إرسالها إلكترونياً إلى المختبر لصنع الجهاز.

أحدث تطبيق للمواسح الفموية هو القدرة على مسح مرضى الدرد بدلاً من أخذ طبعات الحواف التقليدية للأجهزة. قارن Lo Russo وزملاؤه الطبعات الرقمية والتقليدية لمرضى الدرد في الفكين العلوي والسفلي ووجد اختلاف واضح بين كلا الطبعتين. لكن بعد تشذيب المسح الفموي بإزالة المناطق المحيطية الغير موجودة في كلا الطبعتين، لم يكن الاختلاف بالدقة مهم احصائياً بمسافة وسطية حوالي −0.02 mm (Russo, Caradonna et al. 2020).

من أبرز المخاوف المتعلقة بالأجهزة الرقمية هي دقة حواف الجهاز. قد تحدث اختلافات كبيرة بين امتداد الحواف للطبعات التي يأخذها أطباء أسنان مختلفون نظراً إلى استخدام مواد وتقنيات متنوعة. لذلك، يُعتبر هذا الاختلاف في امتداد الحواف غير ذي أهمية سريرية على الأرجح.

بينما يوجد منحنى تعلُّم عند تطبيق أي إجراء مسح داخل الفم، يعتبر مسح الفك العلوي الأدرد مقارنة بالفك السفلي أكثر سهولة للإنجاز بسبب الكمية الكبيرة المتوفرة من اللثة المتقرنة الملتصقة. أما صعوبة المسح داخل الفم لحواف الجهاز فتعود إلى عدم قدرة الماسح الضوئي على تسجيل النسج المتحركة. يكمن التحدي في أن عمق الميزاب

المقترح يجب تحديده والمحافظة عليه بينما يتم مسح منطقة الحواف. من غير الممكن العودة وإعادة مسح الحواف المتحركة نظراً لعدم القدرة لتثبيت النسج في نفس الموقع تماماً.

يُعد مسح الفك السفلي الأدرد تحدياً حقيقياً، بسبب الكمية المحدودة من اللثة المتقرنة الملتصقة بالإضافة إلى الحركة الملازمة للخدين واللسان. قد تؤدي هذه الحركة إلى عدم القدرة على التقاط جميع البنى التشريحية اللازمة لتصنيع الجهاز السفلي بشكل كافٍ. بينما كان هذا استخدام موجود للمواسح الفموية، فإن الخبرة في المسح الرقمي والاختيار المناسب للمريض أمران مهمان لنجاح العملية.

لا يزال مسح أقواس الدرد الجزئي والكامل يمثل تحدياً سريرياً، لا سيما بسبب نقص المعالم الواضحة في مناطق الدرد مع غياب النقاط المرجعية التشريحية والصعوبات التشريحية لوصول IOS في المناطق الخلفية واستحالة تسجيل النسج تحت الضغط الانتقائي، عدم القدرة على تسجيل حركات الأنسجة الرخوة (الحدود الفعالة لمناطق استناد الجهاز). تم الإبلاغ عن صحة مسح الأسنان الكامل بين حوالي 17 um و 378 um والضبط بين 55 um و 116 um. بالنسبة للدرد الكامل، تراوحت الصحة بين 44.1 um و 591 um، بينما كان الضبط يصل إلى 698 um. بشكل عام، يمكن اعتبار جميع الماسحات الضوئية دقيقة لمسح الأسنان الكاملة، خاصة بالنسبة للأسنان المحضرة المفردة، بينما بالنسبة للأقواس الدرداء، تظل دقة الماسح الضوئي موضع شك بسبب التباين العالي. (Masri and Driscoll 2023)

4-2-2-5 مزايا الطبعات الرقمية:

نظراً للتطور التقني وتحسن أجهزة المسح الفموية (IOSs)، والتي استُخدمت في تطبيقات متنوعة على أساس المحاولة والخطأ، أصبحت أجهزة المسح الفموية من أكثر الأجهزة قيمة في علاج الأسنان بالنسبة للمرضى وأطباء الأسنان وفنيي الأسنان. وتتمتع هذه الأجهزة بالمزايا التالية (Suese 2020):

تقليل الألم والانزعاج لدى المرضى

في عملية أخذ الطبعة التقليدية الدقيقة، توضع مواد طبع سائلة، مثل مواد الطبع المطاطية الدقيقة، مباشرةً في فم المريض وتُترك لتتصلب لعدة دقائق. ونظراً لأن جهاز المسح الفموي لا يحتاج إلى مواد طابعة، فإنه يقلل بشكل كبير من انزعاج المرضى، خاصة كبار السن والمرضى الذين يعانون من منعكس إقياء شديد. يتطلب تشغيل جهاز المسح الضوئي بعض التدريب؛ ومع ذلك، ومع اكتساب الخبرة، يصبح من السهل الحصول على طبعات رقمية للأسنان في كلا الفكين خلال بضع دقائق.

تقليل العبء على الطبيب والمخبر

تُعد عملية أخذ الطبعة الدقيقة المرحلة الأهم في تصنيع الأجهزة التعويضية، وتتطلب عمليات استنساخ دقيقة للغاية لتفاصيل الشكل التشريحي. ويُعتبر هذا العمل مرهقاً وذا ضغط عالٍ بالنسبة للفنيين. وتشير إحدى التقارير إلى أن مستوى إجهاد الطبيب يقل، كما يقل وقت الجلوس على الكرسي، عند استخدام الطبعة الرقمية عبر جهاز المسح الفموي مقارنةً بالطبعة الدقيقة التقليدية.

تقليل خطر العدوى

يجب تعقيم الطابع في إجراءات الطبعة الدقيقة التقليدية، كما يتعين على الطبيب تنظيف الطابع بعد إزالة مواد الطبع. ويمكن أن تصبح المادة الطابعة الملوثة بأنواع مختلفة من الجراثيم الموجودة في فم المريض مصدراً للعدوى في العيادات والمخابر السنية. ويُعد التعامل الشامل مع هذه المخاطر مهمة تستغرق وقتاً وتكلفة كبيرة. أما رأس المسح في جهاز المسح الفموي، فهو قابل للتعقيم بالأوتوكلاف، وبالتالي يمكن تعقيمه بسهولة. بالإضافة إلى ذلك، فإن الصور ثلاثية الأبعاد التي يتم الحصول عليها رقمياً من خلال الطبعة البصرية تعتبر بيانات قابلة للإرسال، ولا تتطلب التعامل مع مواد الطبع أو الأمثلة التقليدية، والتي يمكن أن تكون مصدراً محتملاً للعدوى.

كشف أخطاء الطبعة مباشرةً:

يُجرى فحص الطبعة التقليدية بعد صبها بالجبس للتأكد من صحتها، على حين الطبعة الرقمية يمكن كشف المشاكل مباشرةً على شاشة الماسح وتصحيحها.

الاستنساخ البسيط والمسح الانتقائي

إذا كان النموذج الرقمي المُتحصَّل عليه يحتوي على أخطاء، يمكن بسهولة إعادة عملية المسح داخل الفم بالكامل. بالإضافة إلى ذلك، إذا كانت الطبعة المُتحصَّل عليها غير مرضية، يمكن للطبيب إجراء مسح جزئي يستهدف المناطق المحددة.

إدارة الصور والأرشفة

على عكس الأمثلة الجبسية التقليدية، فإن الطبعات التي يتم الحصول عليها كبيانات رقمية باستخدام أجهزة المسح الفموية يمكن إدارتها بسهولة باستخدام وسائط مناسبة؛ فهي لا تتطلب مساحة تخزين مادية، ولا تتعرض للتلف. يمكن حفظها بسهولة لفترات طويلة كملفات رقمية، ويمكن للمستخدمين استرجاع هذه البيانات بسهولة لاحقاً، في أي وقت ومن أي مكان، من خلال الوصول إلى الملفات.

تقليل التكلفة والهدر في المواد

نظراً لعدم الحاجة إلى مواد الطبع والجبس بعد الآن، يتم تقليل تكلفة المواد والهدر الناتج عنها.

المتابعة الافتراضية

تتيح النماذج الرقمية للمستخدمين تحليل التغيرات الزمنية في تجويف الفم للمريض بشكل ثلاثي الأبعاد، مثل ميلان الأسنان أو السحل الإطباقي أو انحسار اللثة. وتعد بيانات التجويف الفموي الأولية مفيدة كسجل بيانات شخصية لكل مريض، خاصة في حال حدوث عيب أو فقدان كبير للأسنان في المستقبل.

تقييم لون الأسنان واللثة

تحاكي النماذج الرقمية درجة اللون البنيوي لسطح السن أو اللثة باستخدام تمثيل لوني افتراضي، يمكن للمستخدمين الاستفادة منه في تحديد درجة اللون أو مراقبة التشخيص.

تمكين التواصل السريع

يمكن مشاركة النماذج الرقمية في غضون ثوانٍ، حيث يتم إرسال البيانات ثلاثية الأبعاد عبر الإنترنت إلى العيادات السنية المحلية والأجنبية أو المخابر السنية. ويؤدي ذلك إلى تقليل الوقت اللازم لإنشاء الأمثلة الجبسية وتقليل تكاليف النقل والتسليم.

الدمج مع بيانات الوجه والفكين

يتيح دمج النماذج الرقمية داخل الفم مع بيانات المسح الوجهي ثلاثي الأبعاد أو بيانات حركة الفك أو بيانات الصور ثلاثية الأبعاد مثل التصوير المقطعي المحوسب (CT)، يتيح إجراء فحوصات وتشخيصات شاملة.

عدم الحاجة إلى ترميمات مؤقتة

لقد جعلت المعالجات في نفس اليوم عملية بناء الترميمات المؤقتة، التي كانت تستغرق وقتاً طويلاً، أمراً من الماضي؛ فلم تعد هناك حاجة متكررة للتخدير، كما ينبغي ألا يحدث تلوث للدعامات السنية.

تحسين الكفاءة في خطة المعالجة بالزرع السني

يتيح دمج البيانات الرقمية الفموية مع بيانات المسح الوجهي أو التصوير المقطعي المحوسب (CT) إمكانية التخطيط السلس والسليم للمعالجة بالزرعات السنية.

الكشف عن نخور الأسنان والصدوع

يُستخدم رأس المسح الخاص بالكشف عن النخور في تشخيص النخر السني. فهي تساعد أطباء الأسنان في اكتشاف النخور الملاصقة التقريبي والنخور الإطباقية والنخر الثانوي بالإضافة إلى الصدوع على سطح السن. يتم الكشف عن النخر باستخدام ضوء قريب من الأشعة تحت الحمراء وخالٍ من الإشعاع، مما يجعله آمناً للمريض.

4-2-2-6 عيوب وسلبيات الطبعة الرقمية

على الرغم من المزايا العديدة التي اختصت بها الطبعة الرقمية وما قدمته من تسهيلات لإجراء المعالجات السنية وعلى الرغم من التطور الذي شهدته أنظمة الماسح الرقمي الفموي Intraoral scanners، للحصول على طبعة دقيقة، ظلت ثقافة انتقائها واعتمادها كآلية بديلة عن الطبعة التقليدية محدودة نسبياً، وربما يحتاج الأمر إلى فترة زمنية ليتم تبنيها من قبل أجيال شابة نشأت على ثقافة العصر الرقمي، إضافة للصعوبات والمعوقات التي تلاحظ أثناء استخدامها والتي قد تكون سبباً في الاحجام عنها والاستمرار في منهج الطبعات التقليدية (Mangano, Gandolfi et al. 2017, Chang, Zhao et al. 2020):

1_ التكاليف العالية والجدوى الاقتصادية وتكاليف الصيانة وتحديث البرامج الخاصة بالأجهزة مقارنة بالطبعة التقليدية وخاصة عند الاقتناء الأولي ولأول مرة.

2_ الحاجة إلى التعلم والتدرب على الاستخدام والتواصل مع برامج التحديث الرقمية.

3_ حس الانزعاج الذي يبديه بعض المرضى ذوي الأفواه الضيقة وتحدد في فتحة الفم وذلك عند ادخال رأس الماسح لإجراء المسح المطلوب.

4_ صعوبة قراءة ومسح خطوط إنهاء التحضير المنفذة تحت خط اللثة ووجود نزف وبقايا نسج بشرية متهتكة ولعاب وعلقات دموية، نقاط جميعها قابلة للقراءة الرقمية وتصويرها وبالتالي قد تؤثر سلباً على دقة الطبعة.

5_ الصعوبة في تسجيل الحركات الوظيفية للنسج المخاطية.

6_ امتداد مساحة الدرد الكبيرة بسبب نقص النقاط التشريحية المرجعية الثابتة.

5. الدقة Accuracy:

يتم التعبير عن دقة الطبعة بمصطلحين هما الضبط Precision والصحة Trueness.

حيث يعبر الضبط عن مدى قرب القياسات المتكررة من بعضها البعض فعندما تكون القياسات أكثر ضبطاً يمكن توقعها بسهولة أكبر.

أما الصحة فهي مدى اقتراب القياسات من الأبعاد الحقيقية للجسم المرجعي المقاس. وتعني الصحة العالية للشيء أنه قريب أو مساوٍ للأبعاد الحقيقية للجسم المقاس (Ender and Mehl 2013).

5-1 طرق قياس الدقة Methods of accuracy measurement:

تم تطبيق منهجيات مختلفة لقياس الدقة. كانت الانحرافات الكلية ثلاثية الأبعاد والانحرافات الخطية/الزاوية والانحرافات في المسافة/الزاوية بين أزواج نواقل المسح هي الأنواع الرئيسية الثلاثة لنتائج الدقة.

1- الانحرافات الكلية ثلاثية الأبعاد: قام النهج الأول بتراكب ملفات STL الخاصة بالاختبار لتقنيات الطبعات على المسحات المرجعية المقابلة التي تم الحصول عليها باستخدام أجهزة قياس الإحداثيات (دقة 1 ميكرومتر ;CMM) أو أجهزة المسح المخبرية (دقة من 5 إلى 10 ميكرومتر) وفق خوارزمية أفضل انطباق، وقدم نتائج الانحرافات الثلاثية الأبعاد. تصف الانحرافات الثلاثية الأبعاد المتوسط الحسابي للفروقات بين السحب النقطية للمسحات المختبرة والمرجعية، والتي تمثل الانحرافات الكلية.

2- الانحرافات الخطية والزاوية: اشتمل على تحديد النقاط المرجعية والمحور المركزي لنواقل المسح من خلال مطابقة أسطوانات ومستويات معيارية معها. بعد تراكب المسحات المختبرة والمرجعية، تم تسجيل انزياح النقاط المرجعية والمحاور المركزية لنواقل المسح في المسحات المختبرة مقارنة بالمرجعية كانحرافات خطية وزاوية على التوالي.

3- الانحرافات في المسافة والزاوية: وذلك بقياس المسافات والزوايا فيما بين أزواج نواقل المسح أو الزرعات في المسحات المختبرة ومقارنتها مع القيم المرجعية المقابلة المقاسة في المسحات المرجعية. في هذه الطريقة، لم يتم تراكب المسحات المختبرة والمرجعية. (Zhang, Shi et al. 2021)

2-5 الانطباق الحيادي Passive fit:

إحدى الخطوات الأساسية لتصنيع التعويض فوق الزرع هي أخذ طبعات دقيقة. يتم تحديد فيما إذا كان التعويض منطبق بشكل جيد في مرحلة الطبعة. عند أخذ طبعات الزرع، الهدف هو نقل مواقع الزرعات في الأبعاد الثلاثة كذلك علاقتها مع النسج الرخوة والصلبة الأخرى داخل الفم (Örtorp, Jemt et al. 2005).

من الصعب تعريف الانطباق الحيادي، لكنه عادةً ما يتعلق بالفجوة بين الزرعات أو الهياكل والدعامات، رغم عدم وجود اتفاق بين المؤلفين حول حجم الفجوة. بمعنى آخر، يمكن تعريف الانطباق الحيادي على أنه أصغر فجوة في اتصال الهيكل الداعم بالزرعة دون التسبب في إجهاد؛ كما يمكن تعريفه على أنه الغياب الكامل للتوتر بين الزرعات والهياكل الداعمة (Moreno, Giménez et al. 2013). تم اعتبار الاختلافات في الهيكل المدعوم بالزرعات التي تصل إلى 10 ميكرومتر بأنها غير حيادية، ومع ذلك، اقتُرح الاختلافات البينية التي تتراوح بين 38 إلى 345 ميكرومتر بين الزرعات والهياكل الداعمة على أنها مقبولة سريرياً، اعتماداً على النتائج السريرية (Jemt and Book 1996, Sahin and Çehreli 2001).

لا تزال المعايير السريرية التي تشرح الانطباق الحيادي موضوع نقاش، في حين أظهرت الدراسات أن الفروقات التي تقل عن 60 ميكرومتر يصعب قياسها في الحالات السريرية. وقد اقترح بعض المؤلفين أن تحسين الانطباق الحيادي للتعويض المدعوم بالزرع هو أمر أساسي لتقليل الإجهادات على الزرعات والعظم والسطح البيني للتعويض (Şahin, Cehreli et al. 2002).

تتأثر الحيادية السريرية للتعويضات المدعومة بالزرع بعدة عوامل أثناء إجراءات التصنيع، متضمنة عملية أخذ طبعات الزرعات، وتصنيع المثال الرئيسي وإنشاء النموذج الشمعي وتصنيع الهيكل الداعم وتشكيل التعويض النهائي

وتسليمه للمريض (Wee, Aquilino et al. 1999)، ونظراً لاعتماد كل خطوة في عملية التصنيع وتأثرها مباشرةً بالخطوة السابقة، فإن دقة طبعات الزرع الأولية أساسية في تصنيع تعويضات مدعومة بالزرع حيادية ومقبولة سريرياً (Alikhasi, Bassir et al. 2013, Alikhasi, Siadat et al. 2015). بغض النظر عن طريقة أخذ الطبعة (سواء تقليدية أو رقمية)، أحد الأهداف الرئيسية هو تأمين ترميمات منطبقة بشكل حيادي (Alsharbaty, Alikhasi et al. 2019).

6.الدراسات السابقة:

1. في دراسة سريرية أجراها **Andriessen** وزملاؤه عام 2014 لتحرّي إمكانية تطبيق ودقة المسح الفموي في الفك السفلي الأدرد على 25 مريض لديهم أجهزة فوقية سفلية كاملة مثبتة بواسطة زرعتين، حيث أخذ لكل مريض طبعة رقمية باستخدام الماسح الفموي iTero وطبعة تقليدية، باعتبار الأمثلة الجبسية كأمثلة مرجعية.

اعتماداً على المسحات الفموية التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة، 4 من أصل 25 مسح فموي لم يكونوا مناسبين للبحث لأن الماسح الفموي لم يكن قادراً على ربط المسحات المنفصلة مع بعضها، فقط مسح واحد أظهر دقة مقبولة حيث كانت أخطاء المسافة والتزوي كبيرة جداً لصنع هياكل معدنية جيدة الانطباق على الزرعات في الفك السفلي الأدرد، وإن السبب الرئيسي للمسحات غير الموثوقة بدا أن يكون النقص في النقاط المرجعية التشريحية لأجل المسح (Andriessen, Rijkens et al. 2014).

2. في دراسة مخبرية أجراها **Mizumoto** وزملاؤه عام 2020 لتقييم تأثير 4 تقنيات مسح و5 نواقل مسح داخل فموية (ISBs) على الضبط والصحة وزمن المسح في الفك الأدرد الكامل مع 4 زرعات.

كانت تقنيات المسح المختلفة كالتالي: مثال رئيسي غير معدل، علامات مرجعية زجاجية متوضعة على الحافة الدرداء، معجون كاشف للضغط مفروش على الحافة وقبة الحنك، خيط مربوط بين نواقل المسح.

فوجدوا أن الدقة (الضبط والصحة) لمسحات الزرع الرقمية للقوس الكامل باستخدام ISBs قد تأثرت بكل من ناقل المسح وتقنية المسح عند استخدام نظام المسح داخل الفموي، كما تبيّن معهم أن تجبير نواقل المسح باستخدام الخيط أدى إلى ازدياد واضح في انحراف المسافة، كما لم تحسن تقنيات المسح مع تعديلات السطح المختلفة من دقة المسح (Mizumoto, Yilmaz et al. 2020).

3. وجد **Tallarico** وزملاؤه في دراسة مخبرية نشرت عام 2020 لتقييم الصحة والضبط للطبعة الرقمية للقوس الكامل مع 4 أو 6 زرعات المأخوذة مع وبدون صفيحة خاصة للطبعة ذات طابع تعويضي، أن صفيحة الطبعة التعويضية تحسن بشكل واضح الصحة والضبط لطبعات الزرع الرقمية في القوس الأدرد الكامل المعاد تأهيله

باستخدام 4 أو 6 زرعات، جاعلاً من الطبعات الرقمية للقوس الكامل أكثر قابلية للتوقع (Tallarico, Lumbau et al. 2020).

4. قدم **Retana** وزملاؤه عام 2023 دراسة مخبرية لتقييم الصحة لـ 7 مواسح داخل فموية مختلفة (IOSs) في أخذ مسح رقمي للقوس الكامل مع أو بدون تجبير نواقل المسح.

تم إعداد قالب للفك السفلي الأدرد مع أربعة نظائر للزرعات السنية، أُخذ مسح مرجعي باستخدام ماسح مخبري. مُسح المثال المرجعي مع كل من IOSs السبعة المفحوصة (المجموعة الشاهدة)، ومسحها مرة أخرى بعد تجبير نواقل المسح باستخدام عارضات بمقطع عرضي مربعي من الريزين تحمل تشكيلات عشوائية على جانب واحد منها، تم تثبيتها إلى نواقل المسح بمادة البولي فينيل سيلوكسان الشفافة (مجموعة الدراسة)، ثم تم تصدير كل مسح كملف STL ونقله إلى برنامج مقاييس شامل (Geomagic Control X).

فوجد أن تجبير نواقل المسح أدى إلى تحسين صحة طبعات الزرع الرقمية للقوس الكامل، بسبب التحسن في النقاط المرجعية التشريحية التي تقوم بعملية الربط بين الصور بغض النظر عن نوع IOS أو المسافة بين الزرعات، بينما زيادة المسافة ما بين الزرعات قللت قيم الصحة (Retana, Nejat et al. 2023).

5. قام **Kanjanasavitree** وزملاؤه عام 2022 بمقارنة تأثيرات أربعة أنواع من العلامات المرجعية الاصطناعية مع 3 مسارات مسح مختلفة على دقة المسح الرقمي الفموي للزرعات في القوس الكامل. حيث قام بتحضير مثال سفلي أدرد مع 4 زرعات سنية كنموذج مرجعي من خلال مسحه بواسطة ماسح مخبري. بعدها تم تعديل المثال باستخدام 4 علامات مرجعية اصطناعية (Kanjanasavitree, Thammajaruk et al. 2022):

i. بدون تعديل (CON).
ii. فرش المعجون الكاشف للضغط PIP على الارتفاع السنخي الأدرد.
iii. وضع علامات من عازل اللثة على الارتفاع السنخي الأدرد (LD).
iv. الربط بين نواقل المسح باستخدام خيط مع الريزين النموذجي (FL).

وُجد اختلافات مهمة في الدقة عبر الطرق ومسارات المسح المختلفة حيث أظهرت طريقة العلامات المرجعية من عازل اللثة أقل قيمة تباين (RMS) بينما سُجلت أعلى قيمة لـ RMS في التقنية التقليدية والعلامات المرجعية من الخيوط السنية. حيث كانت المتوسطات الحسابية للصحة لكل طريقة عند استخدام مسار المسح Zig–Zag:

(μm75.89) CON … (μm73.13) FL … (μm64.63) PIP …. (μm56.99) LD

كذلك المتوسطات الحسابية للضبط عند استخدام ذات المسار:

(μm17.92) FL … (μm17.82) CON … (μm15.62) PIP …. (μm12.58) LD

6. قام **Huang** وزملاؤه عام 2020 بمقارنة الدقة بين ناقل المسح التقليدي وتصميم جديد له بواسطة CAD/CAM في الطبعات الرقمية. حيث تم تصنيع مثال مرجعي يحتوي على 4 زرعات (وُضعت في موقع الناب والرحى الأولى). أُخذت الطبعات الرقمية باستخدام ماسح فموي مع نواقل مسح مختلفة:

i. نواقل المسح التقليدية للمجموعة الأولى (DO).
ii. نواقل المسح المصممة باستخدام CAD/CAM من خليطة التيتانيوم grade 5 بدون بنى امتدادية (تجنيح) للمجموعة الثانية (DC).
iii. نواقل المسح CAD/CAM مع بنى امتدادية للمجموعة الثالثة (DCE).
iv. الطبعات التقليدية باستخدام تقنية الطابع المفتوح مع التجبير للمجموعة الرابعة (CI).

تم رقمنة الأمثلة الجبسية التقليدية والمثال المرجعي باستخدام ماسح مخبري، ثم تم حساب الاختلافات ثلاثية الأبعاد بين كل مجموعة مع النموذج المرجعي بشكل تلقائي من خلال خطأ (RMS).

كانت CI أكثر دقة من DO و DC و DCE بفرق دال احصائياً، وكانت DCE أكثر دقة من DC و DO بفرق دال احصائياً، بينما لا يوجد اختلاف بين DO و DC. حيث استنتج أن تصميم البنى الامتدادية سيحسن بشكل مهم من دقة المسح. كانت الطبعات التقليدية باستخدام الطابع المفتوح مع التجبير الأكثر دقة من الطبعات الرقمية في حالات إعادة تأهيل القوس الكامل بالزرعات (Huang, Liu et al. 2020).

7. درس **Azevedo** وزملاؤه عام 2024 تأثير تجبير نواقل المسح أو إدخال العلامات المرجعية الاصطناعية على صحة مسحات الزرع الرقمية للقوس الكامل باستخدام 5 مواسح فموية.

تم تحضير مثال نهائي مرجعي يحتوي على 6 زرعات في الفك السفلي (ثنية، رحى أولى، ضاحك أول) ومسحه بواسطة ماسح مخبري للحصول على المثال الرقمي المرجعي. حيث تم تقييم 3 تقنيات مسح مختلفة:

i. تقليدية بدون أي تعديل.

ii. مع تجبير نواقل المسح بسلك تقويمي مع علامات كروية من الريزين ضوئي التصلب.

iii. مع علامات اصطناعية وُضعت على المخاطية المتقرنة للارتفاع السنخي.

تم تصدير معلومات المسح المأخوذة إلى برنامج هندسي ومطابقتها إلى النموذج الرقمي المرجعي من خلال استخدام خوارزمية المطابقة المُثلى (Best-fit algorithm)، حيث تم تقييم الانحرافات الكلية لمواقع نواقل المسح باستخدام خطأ RMS. كانت قيم متوسط الصحة للمجموعات الثلاثة بدون أي اختلافات مهمة احصائياً:

i. 48 µm ii. 53 µm iii. 49 µm

أظهرت جميع التقنيات صحة مشابهة، كما أن الماسح الفموي المستخدم أثر على صحة مسحات الزرع الرقمية للقوس الكامل، حيث أن التجبير لم يؤثر على صحة الطبعات الرقمية في جميع المواسح ما عدا TRIOS 4 الذي أظهر أن تجبير نواقل المسح قد حسّن من صحة طبعات الزرع الرقمية للقوس الكامل (Azevedo, Marques et al. 2024).

الباب الثانـي:

المواد والطرائق

Materials and Methods

1. تصميم الدراسة:

دراسة سريرية لمقارنة أربع تقنيات مسح رقمية مختلفة من خلال مطابقتها مع الطبعة التقليدية لزرعتين في الفك السفلي الأدرد وتقييم الاختلافات ثلاثية الأبعاد لكل من الزرعتين وطبعة الدرد الكامل.

تقنيات المسح الرقمية:

i. بدون أي تعديل أو إضافة مواد على نواقل المسح أو الارتفاع السنخي (بدون تجبير).
ii. فرش المعجون الكاشف للضغط (PIP) على الحافة الدرداء بين وحول نواقل المسح.
iii. طريقة جديدة لربط نواقل المسح بخيط بين سني مع علامات مرجعية من الراتنج المرن ضوئي التصلب بأشكال وألوان مختلفة.
iv. طريقة جديدة لربط نواقل المسح بجبيرة إكريلية تتضمن أسنان اصطناعية إكريلية.

2. وصف عينة البحث Sample

تضمَّنت عينة البحث 10 مرضى بشكل مشابه لدراسة (Stimmelmayr, Güth et al. 2013) لديهم درد كامل سفلي، من المرضى المراجعين لقسم تعويضات الأسنان المتحركة في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق من عام 2022 إلى 2025، والذين تتطلب حالاتهم إجراء جهاز فوقي كامل سفلي مثبت بواسطة زرعتين سنيتين.

أُجري لكل مريض 5 طبعات وبالتالي تألفت العينة من 50 طبعة، قُسمت إلى خمس مجموعات:

- المجموعة الشاهدة للنماذج الرقمية للأمثلة الجبسية النهائية الناتجة عن الطبعة التقليدية، رُمز لها بـ **(R)**.
- مجموعة الطبعات الرقمية بدون أي تعديل على مسارها التقليدي، رُمز لها بـ **(Tra)**.
- مجموعة الطبعات الرقمية مع استخدام المعجون الكاشف للضغط، رُمز لها بـ **(PIP)**.
- مجموعة الطبعات الرقمية مع استخدام جبيرة الكومبزت، رُمز لها بـ **(Comp)**.
- مجموعة الطبعات الرقمية مع استخدام جبيرة الأسنان الاصطناعية الإكريلية، رُمز لها بـ **(Acr)**.

2-1 معايير القبول في الدراسة:

- مريض لديه درد كامل في الفك السفلي.
- وجود عظم كافٍ في المنطقة الأمامية من الفك السفلي لإجراء زرعتين تبعد كل منهما عن الخط المتوسط حوالي 10-11 ملم.
- عدم وجود مضاد استطباب للزرع السني.
- أن يكون المرضى ذوي انسجام عضلي عصبي جيد.
- نسج سليمة مغطية للحواف السنخية وذات انضغاطية طبيعية.
- يتمتع المرضى بصحة فموية جيدة وغياب للإلتهابات الفموية.

2-2 معايير الاستبعاد في الدراسة:

- مريض غير متعاون.
- وجود أعران عظمية أو ندبات جراحية.
- صحة فموية سيئة ووجود التهابات فموية.
- الحواف السنخية المترهلة والمتحركة.
- ضعف التحكم العصبي العضلي.
- وجود مشاكل بالطبعة التقليدية (مثل الفقاعات والتصلب السريع للمواد الطابعة وغيرها).
- وجود مشاكل بالطبعة الرقمية (مثل تراكب الحواف والفراغات بالطبعة وغيرها).

3. المواد والأدوات المستخدمة في البحث Materials

3-1 أدوات ومواد المرحلة الجراحية للزرع السني:

1. أدوات التخدير: محقنة تخدير ماصة دافعة – أمبولات تخدير (Lidocaine 2% – Adrenaline 1/80.000) كولومبي المنشأ – رأس إبرة قياس 27 غوج قصير (25 ملم).
2. أدوات الجراحة الفموية: أدوات فحص – مسبر لثوي – حامل شفرة قياس 3 – شفرة جراحية قياس 15 –مبعدات (Minnesota–Farabeuf) – أدوات تسليخ ورفع سمحاق – ملقط نسج – حامل إبر ومقص – شاش معقم – خيوط نايلون جراحية (إبرة قاطعة معكوسة 0–4).

الشكل(2): أدوات العمل الجراحي

3. موتور جراحي: يستخدم في عمليات زرع الأسنان من شركة Krafit الكورية الجنوبية وهو مؤلف من:

- جسم الجهاز: ويحوي دلالات خاصة للأنظمة المستخدمة، حيث يمكن استخدام نظام العمل المختار؛ إمّا للحفر العظمي أو لإدخال الزرعات ويمكن التحكّم في سرعة الدّوران وفي عزم الإدخال أيضاً (التورك) من 20 إلى 80 ويمكن عكس جهة الدّوران والتحكّم في غزارة الإرواء حسب الحاجة.
- لوحة تحكم بالقدم: تحتوي على مفاتيح تحكّم خاصّة تمكّن من تغيير نظام الزرع وجهة الدّوران والإرواء لتمنح الممارس سهولةً في التحكّم أثناء العمل الجراحي.
- القبضة الجراحية مع توصيلاتها ضمن الجهاز: القبضة معوجّة من نوع Krafit الكورية الجنوبية توضع ضمن المدخل المخصّص لها وتدخل في مقدّمة الجهاز.

- أنابيب الإرواء الخاصة: لها بداية تدخل في عبوة السيروم الملحي وبعد عدة سنتمترات لها مكان مخصص يوضع ضمن مضخّة خاصّة لدفع السيروم ضمن الأنبوب لتدخل في نهايتها ضمن مدخلٍ خارجيٍّ مخصّصٍ على القبضة الجراحية، ويمكن استخدامها مرّة واحدة أو تعقيمها بالحرارة الرطبة وإعادة استخدامها.

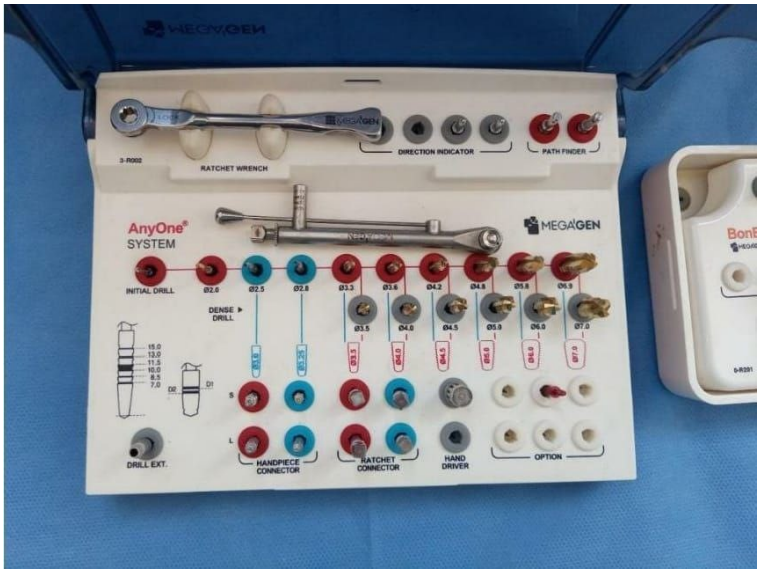
الشكل (3): جهاز الزرع الجراحي المستخدم

الشكل(4): لوحة التحكم الأرضية التابعة لجهاز الزرع

الشكل (5): القبضة الجراحية المعوجّة مع وصلتها ضمن الجهاز

الشكل (6): أنابيب الإرواء التابعة لجهاز الزرع الجراحي

4. المجموعة الجراحية الخاصة بزرعات ANYONE الكورية الجنوبية.



الشكل (7): المجموعة الجراحية الخاصة بزرعات ANYONE الكورية الجنوبية.

5. زرعات ANYONE من شركة MEGAGEN (Daegu, South Korea).

6. دعامات الشفاء Healing Abutment.

7. وحدة مص جراحي Suction، قفازات جراحية، كمامات، مريول جراحي، غطاء رأس نبوذ.

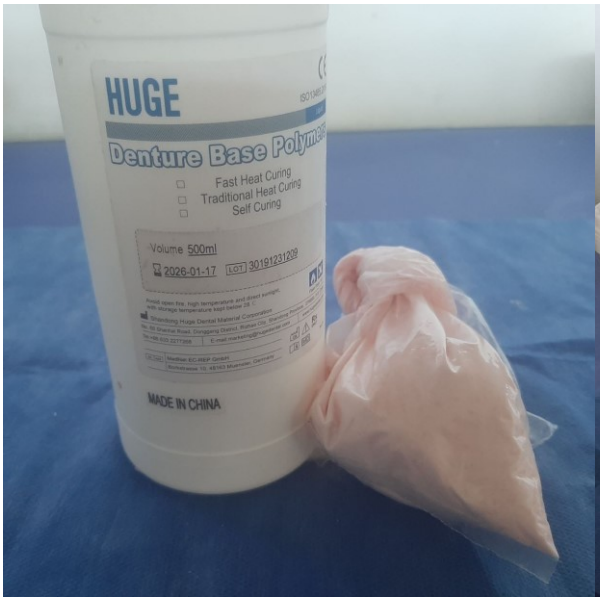
3-2 الأدوات والمواد المستخدمة في الطبعات التقليدية:

1) أدوات الفحص السريري مرآة ومسبر وملقط.
2) أدوات مكافحة العدوى: قفازات Latex، كمامات، شانات نبوذة، مطهر سطوح.
3) طوابع بلاستيكية جاهزة لأخذ الطبعة الأولية مخصصة لمرضى الدرد الكامل.
4) شمع صف أحمر من شركة BMS الإيطالية.
5) المطاط السيليكوني ذو التفاعل التكاثفي (Zetaplus, Zhermack-Italy).
6) جبس أبيض Type II لصب الطبعة الأولية وجبس حجري Type III من شركة BMS الإيطالية لصب الطبعة النهائية.
7) إكريل ذاتي التماثر من شركة HUGE الصينية لصنع الطوابع الإفرادية.
8) قبضة مستقيمة وسنابل تنغستين كارباید لتشذيب الإكريل.
9) أدوات طبعة الحواف: محم مائي، قنديل كحولي، سكين شمع، كجة، أقلام مركب الطبع للحواف من شركة Kerr.
10) الأدوات الخاصة بالزرعات: ناقل الزرعة Transfer، نظير الزرعة Analogue، مفتاح البراغي Screw driver.
11) أدوات تجبير الزرعات: خيوط بين سنية، ريزين نموذجي من شركة B&E الإيطالية ضوئي التصلب مخصص لتجبير الزرعات، جهاز تصليب ضوئي، سنابل ماسية رفيعة لفصل الجبيرة.
12) مطاط سيليكوني ذو تفاعل إضافي متوسط القوام (Monophase) من شركة Dentsply Sirona الأمريكية.
13) فرد حقن من شركة Dentsply Sirona.
14) سيليكون مخصص لتشكيل القناع اللثوي من شركة Alpha Dent الألمانية.
15) الماسح المخبري A-IS PRO من شركة Aidite الصينية.

الشكل (8): الطوابع البلاستيكية الجاهزة

الشكل (9): شمع الصف الأحمر

الشكل (10): المطاط القاسي من شركة Zhermack

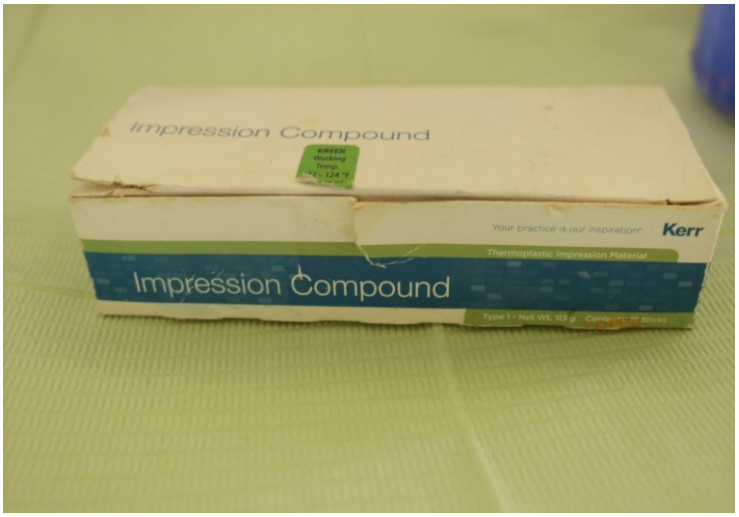


الشكل (11): الإكريل ذاتي التماثر من شركة HUGE

الشكل (12): القبضة المستقيمة مع سنبلة التنغستين كارباید

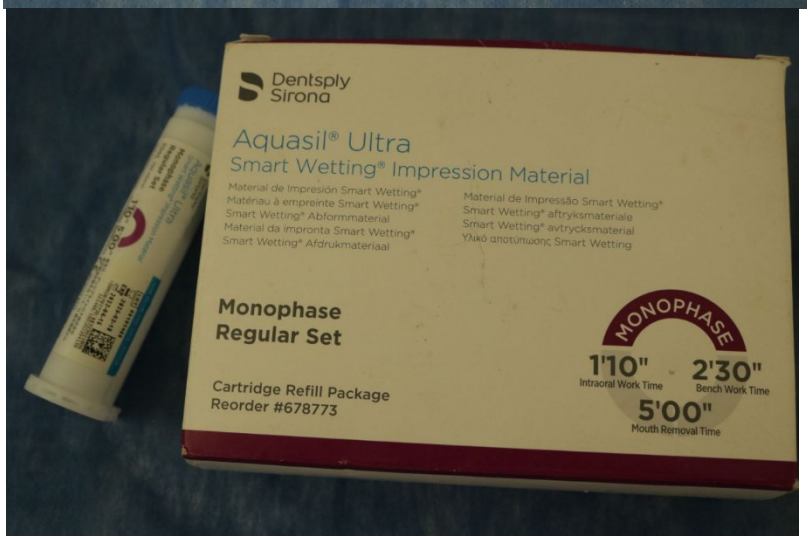
الشكل (13): أدوات العمل الخاصة بالطبعة التقليدية

الشكل (14): سيليكون القناع اللثوي



الشكل (15): أقلام مركب الطبع من شركة Kerr

الشكل(16): ريزين نموذجي من شركة B&E الإيطالية ضوئي التصلب



الشكل (17): مطاط إضافي متوسط القوام من شركة Dentsply Sirona الأمريكية

الشكل (18): الماسح المخبري A–IS PRO من شركة Aidite الصينية

3-3 الأدوات والمواد المستخدمة في الطبعات الرقمية:

1) الماسح الفموي Cameo Elegant 3 من شركة Aidite الصينية مع جهاز الحاسوب.
2) مبعدات اللسان الخشبية (خافض اللسان).
3) الأدوات الخاصة بالزرعات: مفتاح البراغي، نواقل المسح.
4) الأدوات الخاصة بتجبير نواقل المسح: المعجون الكاشف للضغط PIP وفراشي بوند، خيوط بين سنية وكومبزيت سيال من شركة B&E الإيطالية لون A2 وراتنج مرن Liquid Dam بلونين مختلفين (أزرق وأخضر) وجهاز تصليب ضوئي، دعامات الأسنان الإكريلية التي تأخذ شكل الناب في هذا البحث علماً أنها Non Hex وأسنان إكريلية جاهزة تمثل القواطع متصلة ببعضها بواسطة الإكريل العاجي حراري التصلب.
5) ماصات لعاب نبوذة تركب على وحدة مص جراحية Suction.

الشكل (19): الماسح الفموي Cameo Elegant 3

الشكل (20): أدوات العمل الخاصة بالطبعات الرقمية المختلفة

الشكل (21): الأدوات المستخدمة في طريقة التجبير باللأسنان الاصطناعية الإكريلية

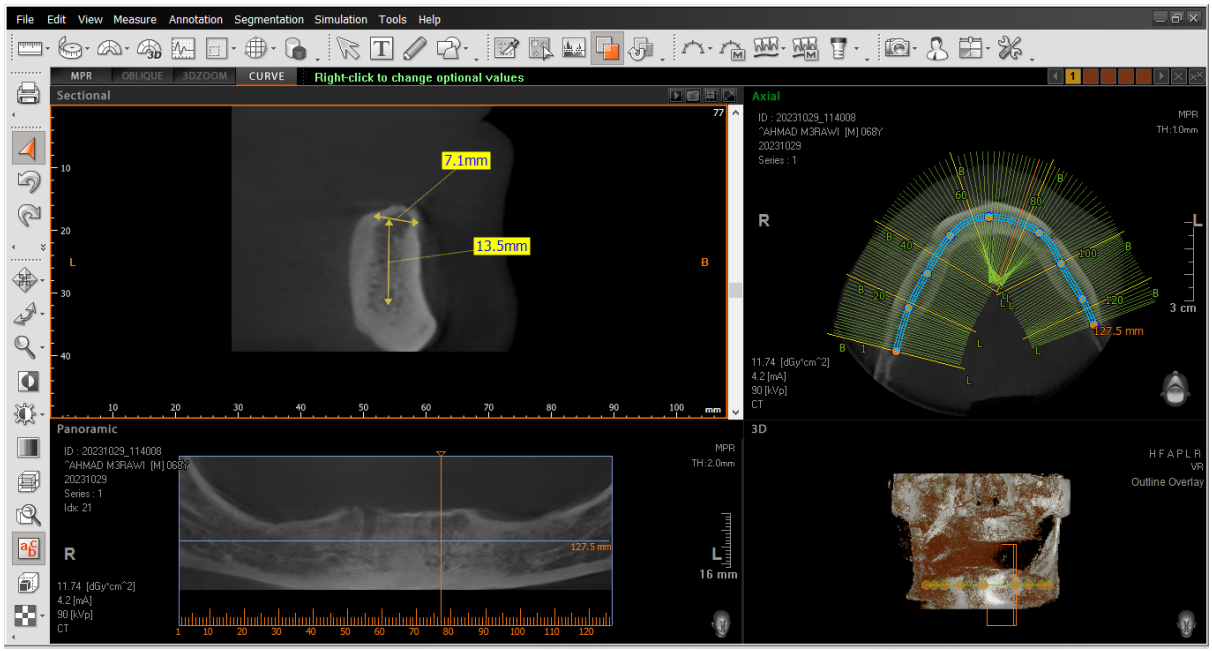
الشكل (22): المعجون الكاشف للضغط

4. طرائق البحث Methods:

4-1 طريقة إجراء الزرعتين السنيتين في الفك السفلي الأدرد:

4-1-1 خطوات ما قبل العمل الجراحي:

بعد اختيار المرضى المراجعين لقسم تعويضات الأسنان المتحركة في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق، والذين تنطبق عليهم معايير التضمين والاستبعاد، تمت دراسة الحالة سريرياً وشعاعياً من خلال إجراء صورة ثلاثية الأبعاد CBCT للفك السفلي، لقياس كمية ونوعية العظم المتوفر في أماكن الزرع.



الشكل (23): دراسة الحالة شعاعياً وتحديد كمية ونوعية العظم المتوفر

4-1-2 خطوات العمل الجراحي:

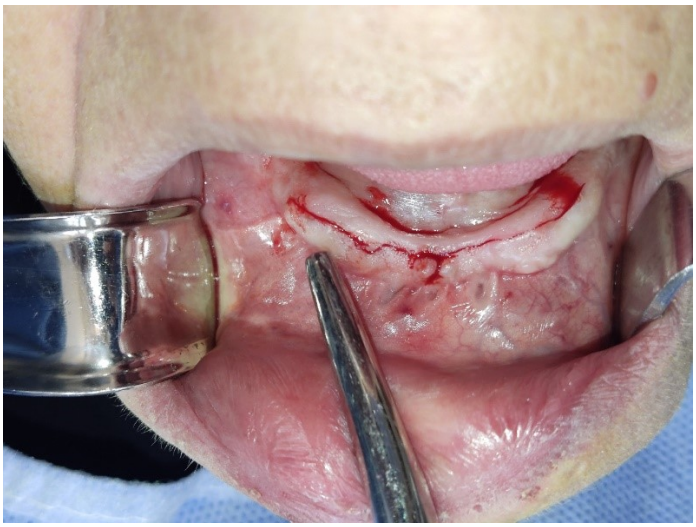
1. **تحضير المريض:** قبل البدء بالعمل الجراحي، طُلب من المريض المضمضة لمدة دقيقة بمحلول كلورهكسيدين %0.12 (Chlorhexidine)وتم تطهير الجلد حول الفم باستخدام محلول بوفيدون اليودي (Polyvidone) Iodine، ثم عُزلت ساحة العمل الجراحي باستخدام الشانات الجراحية المعقمة.

2. التخدير:

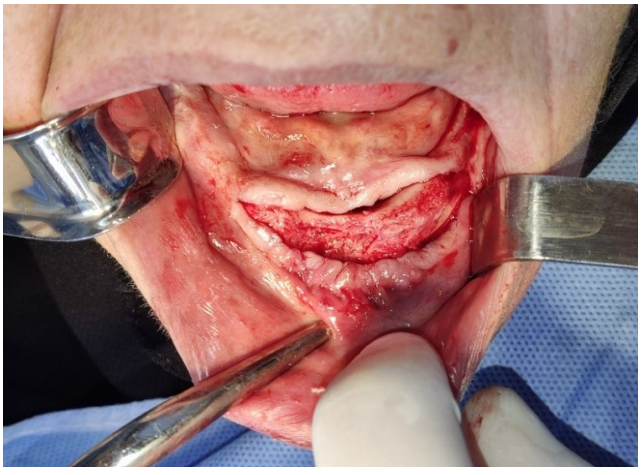
تم إجراء التخدير الموضعي بالارتشاح دهليزياً ولسانياً بمخدر حاوي على ليدوكائين 2% مع مقبض وعائي أدرينالين 1/80000.

3. إجراء الشق الجراحي :

تم إجراء شق جراحي على قمة النتوء السنخي باستخدام شفرة رقم 15 ورفع شريحة مخاطية سمحاقية كاملة الثخانة وكشف العظم السنخي في الأماكن المراد الزرع بها.



الشكل (24): الشق الجراحي



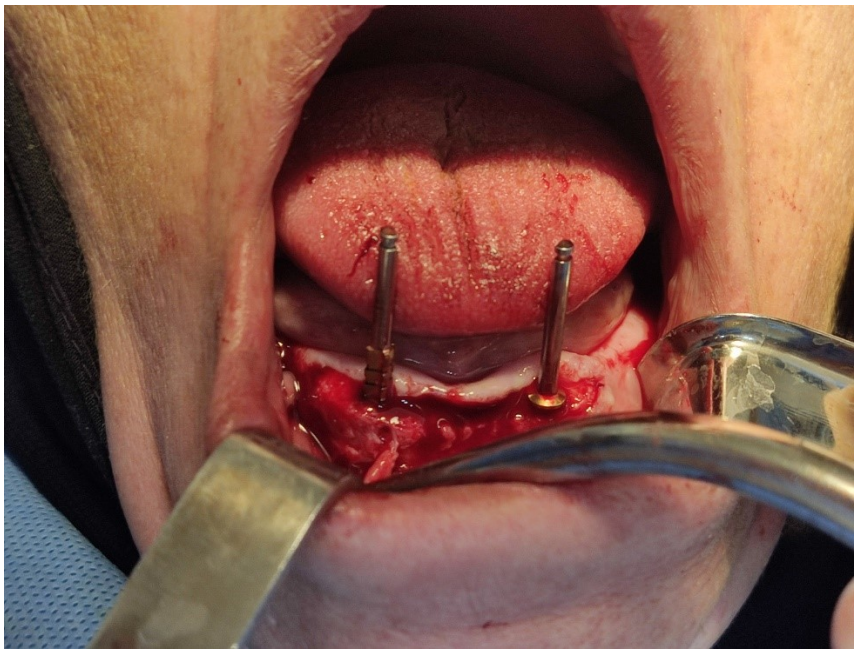
الشكل(25): رفع الشريحة كاملة الثخانة

4. تحديد أولي لمكاني الزرع:

تم إجراء تحديد أولي لمكاني الزرع باستخدام أولى سنابل مجموعة الزرع Initial Drill بحيث يبعد مركز كل زرعة عن الخط المتوسط حوالي 10-11 ملم تقريباً.

5. تحضير مهد الزرعة:

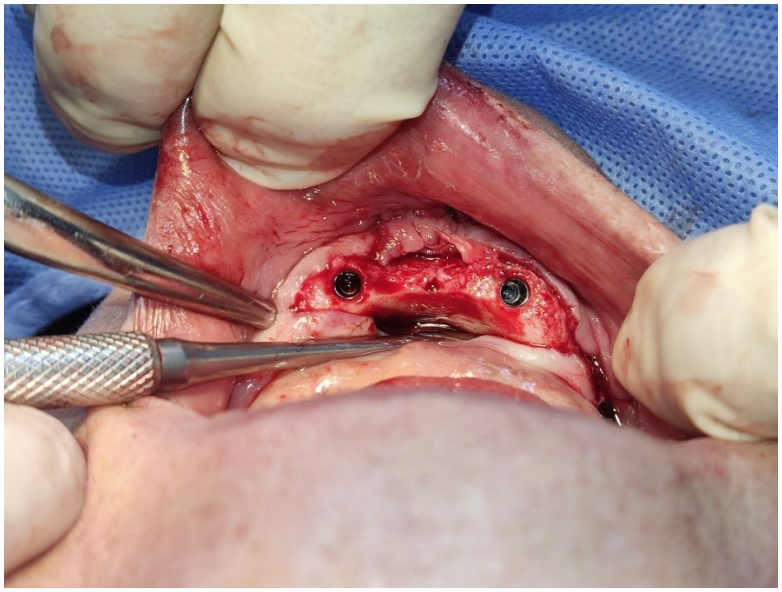
تم البدء بتحضير مهد الزرعة باستخدام سنبلة القيادة Pilot Drill وفق نظام الزرع، ثم متابعة التحضير باستخدام سنابل متدرجة القطر وصولاً للقطر المناسب للزرعة.



الشكل (26): التأكد من توازي سنابل التحضير أثناء العمل

6. إنزال الزرعة:

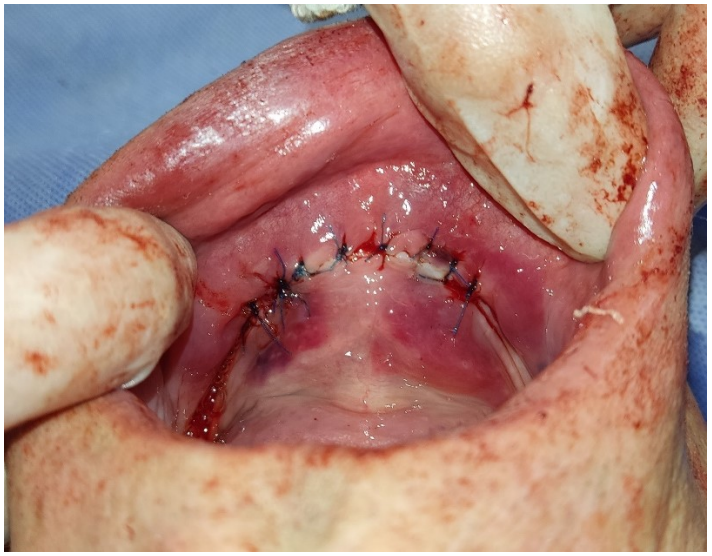
تم انزال الزرعات في مكانها بحيث يكون عنق الزرعة تحت مستوى العظم بحوالي 1ملم تقريباً بشكل آلي باستخدام القبضة والحامل المخصص، ثم المتابعة يدوياً باستخدام مفتاح قياس العزم Ratchet وتسجيل قيمة الثبات الأولي المقدرة وفقاً للأرقام المتدرجة على المفتاح Ratchet.



الشكل (27): انزال الزرعتين في مكانهما

7. إغلاق الجرح:

تم وضع غطاء الشفاء، ورد الشريحة وإجراء الخياطة بخيوط نايلون 0/4.



الشكل (28): إجراء الخياطة

8. تعليمات ما بعد الجراحة :

تم إعطاء المريض التعليمات التالية للعمل الجراحي كالتالي :

A. العض على قطعة الشاش وعدم تغييرها لمدة ساعة.

B. الامتناع عن المضمضة أو البصق والابتعاد عن مصادر الحرارة في اليوم الأول من العمل الجراحي.

C. وضع كمادات باردة على الخد مقابل مكان الجراحة مباشرةً بعد الجراحة ولمدة 6 ساعات، وبشكل متناوب.

D. البدء بالمضامض الموصوفة بالوصفة الطبية ومضامض الماء والملح في اليوم التالي للعمل الجراحي.

E. وضع كمادات دافئة على الخد مقابل مكان الجراحة في اليوم الثالث من العمل الجراحي ولمدة 6 ساعات وبشكل متناوب.

F. الالتزام بالوصفة الطبية وتعليمات الصحة الفموية.

G. جلسة مراجعة بعد أسبوع إلى 10 أيام لإزالة القطب والتأكيد على تعليمات الصحة الفموية.

9. تم إعطاء المريض الوصفة الطبية التالية:

Rx:

I. Augmentin 1000 mg tab

حبة كل 12 ساعة لمدة 7 أيام، شرط عدم وجود تحسس دوائي.

II. Flam-k® (Diclofenac Potassium 50mg) tab

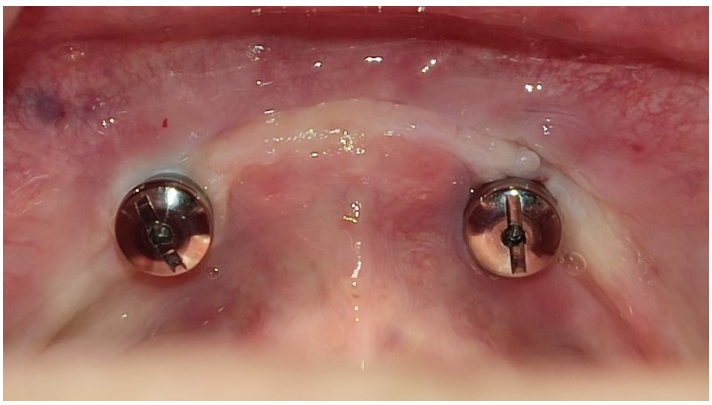
حبة كل 8 ساعات لمدة 3 أيام، شرط عدم وجود تحسس دوائي أو أي مضاد استطباب لاستعمال مضادات الالتهاب غير الستيروئيدية حيث تم استخدامه أول 3 أيام.

III. (Chlorhexidine Gluconate 0.12%)

مضمضة فموية دون تمديد مرتين يومياً لمدة دقيقة وذلك لمدة 10 أيام.

4-1-3 المرحلة الجراحية الثانية

تتمثل بالكشف عن الزرعتين بعد 3 أشهر وتركيب دعامات الشفاء Healing Abutment والانتظار أسبوعين على الأقل لحدوث الشفاء اللثوي، مع تنبيه المريض على استخدام فرشاة الأسنان للتنظيف والمضامض الموصوفة سابقاً.



الشكل (29): تركيب دعامات الشفاء

4-2 خطوات أخذ الطبعات التقليدية:

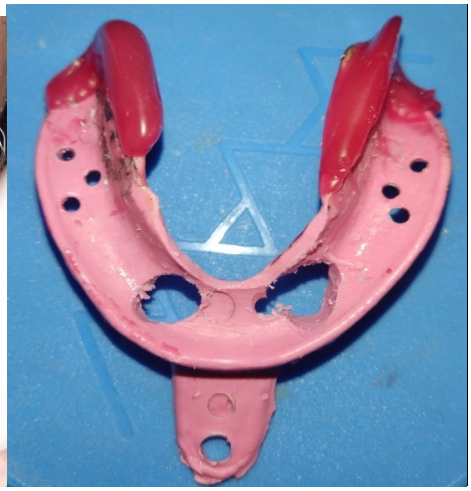
4-2-1 الطبعة الأولية:

A. تم اختيار الطابع المناسب لفك المريض.

B. أُجريت التعديلات اللازمة على الطابع الجاهز المختار من حيث تقصير حوافه إن كانت طويلة أو تطويلها في حال عدم وصوله إلى جميع الأماكن التشريحية الضرورية، خاصة منطقة المثلث خلف الرحوي والمنطقة اللسانية الخلفية.

C. بعد تعديل الطابع تم فك دعامات الشفاء وتركيب ناقل الطبعة الخاص بالطريقة المباشرة على الزرعتين.

D. ثُقّب الطابع الجاهز مقابل نواقل الطبعة بواسطة القبضة المستقيمة وسنابل تنغستين كارباید المناسبة مع مراعاة عدم التوسيع الزائد؛ لتجنب كسر الطابع ولدعم مادة الطبع بشكل جيد أثناء أخذ الطبعة، كما أن الثقوب الصغيرة قد تحول دون نزول الطابع في مكانه الصحيح.



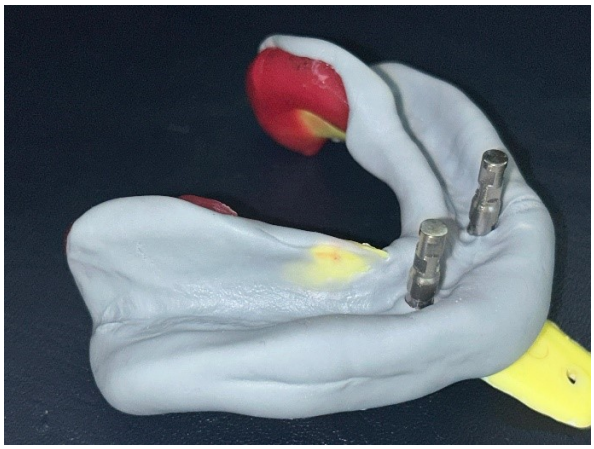
الشكل (30): تعديل الطابع الجاهز

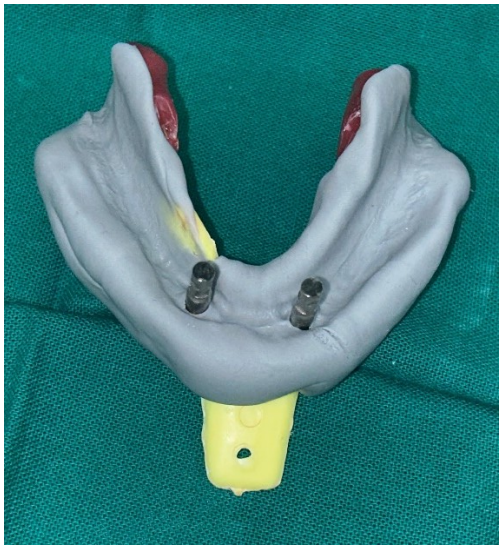
الشكل (31): تركيب نواقل الطبعة داخل الفم

E. تم مزج المطاط القاسي (سيليكون ذو تفاعل تكاثفي) من شركة (Zetaplus, Zhermack–Italy) وأُخذت الطبعة الأولية مع القيام بالحركات الوظيفية المناسبة والانتباه إلى خروج فتحة برغي الناقل خارج المطاط.

F. بعد تمام التصلب، تم حل براغي الناقل، ثم نُزعت الطبعة بالسبابتين بشكل ثنائي الجانب وإعادة دعامات الشفاء إلى مكانها.

G. تم تركيب نظير الزرعة إلى الناقل ضمن الطبعة ثم صبها بالجبس الأبيض.





الشكل (32–33): الطبعة الأولية بعد تركيب نظير الزرعة مع ناقل الطبعة

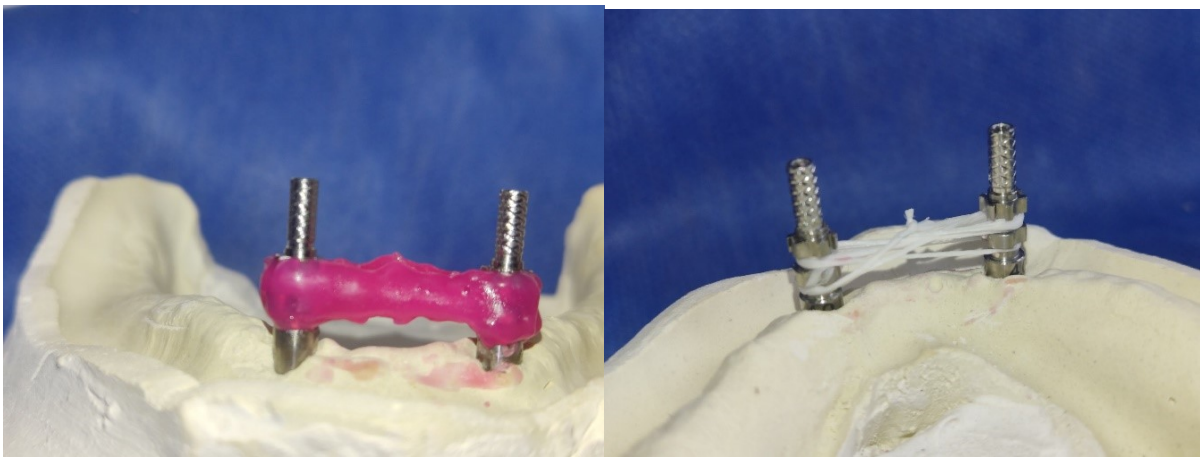
الشكل (34-35): المثال الأولي

4-2-2 صنع الجبيرة بين الزرعتين:

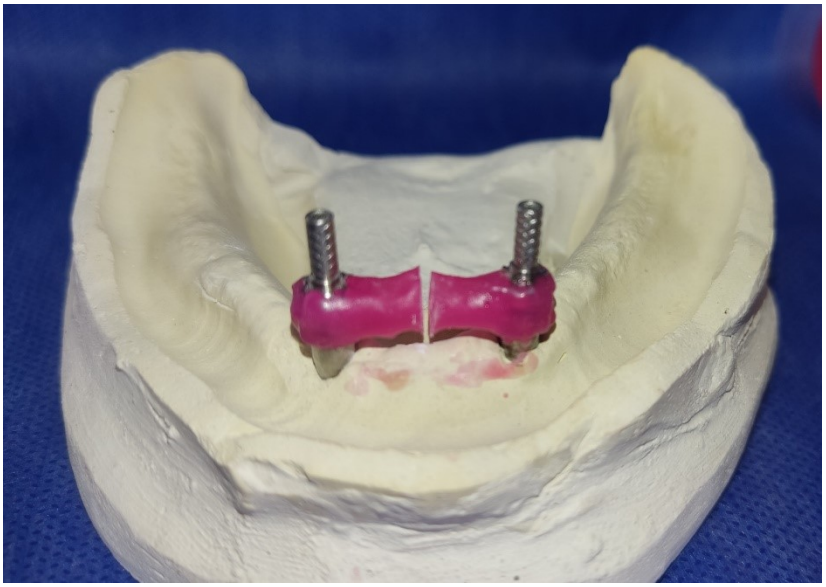
A. تم ربط نواقل الطبعة على المثال الأولي بخيط بين سني مع مراعاة ارتفاع مستوى الخيط عن اللثة حوالي 4_5 ملم.

B. وُضع الريزين المخصص ضوئي التصلب حول الخيط السني على عدة دفعات مع تصليب 20 ثانية لكل دفعة.

C. تم فصل الجبيرة في المنتصف بواسطة سنبلة ماسية رفيعة؛ ليتم إعادة وصلها لاحقاً بشكل مباشر داخل فم المريض.



الشكل (36): ربط نواقل الطبعة بالخيط بين السني الشكل (37): تطبيق الريزين النموذجي ضوئي التصلب



الشكل (38): فصل الجبيرة

4-2-3 صنع الطابع الإفرادي:

A. عُزل المثال الجبسي بالفازلين.

B. تم تطبيق الشمع بحيث يكون بسماكة طبقة واحدة على الارتفاع السنخي الخلفي وبسماكة طبقتين حول الجبيرة بحيث يبعد 2-3 ملم عن الميزاب الوظيفي في جميع الأماكن ما عدا منطقة المثلث خلف الرحوي والمنطقة اللسانية الخلفية.

C. تم حفر أماكن الصادمات بأبعاد (3×6) ملم تقريباً مكان الضاحك الأول والرحى الثانية بشكل متناظر.

الشكل (39): تطبيق الشمع كـ spacer للمادة الطابعة

D. تم تطبيق الإكريل ذاتي التماثر لصنع الطابع الإفرادي مع 3 قبضات؛ الأمامية عمودية لإدخال وإخراج الطابع وقبضتين جانبيتين لدعم الطابع أثناء القيام بالحركات الوظيفية، ومن ثم استخدمت هذه الطوابع الإفرادية بعد مضي 24 ساعة على الأقل على صنعها.

E. تم تشذيب الطابع بالقبضة المستقيمة مع السنابل المخصصة وفتح ثقبين صغيرين يخرج منهما برغي ناقل الطبعة.

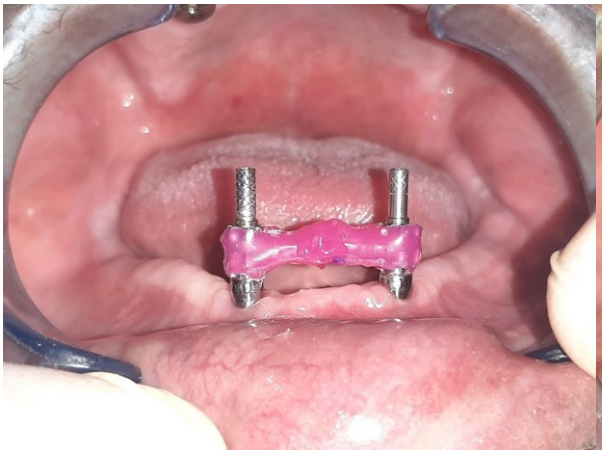
الشكل (40): الطابع الإفرادي قبل التشذيب

4-2-4 أخذ الطبعة النهائية:

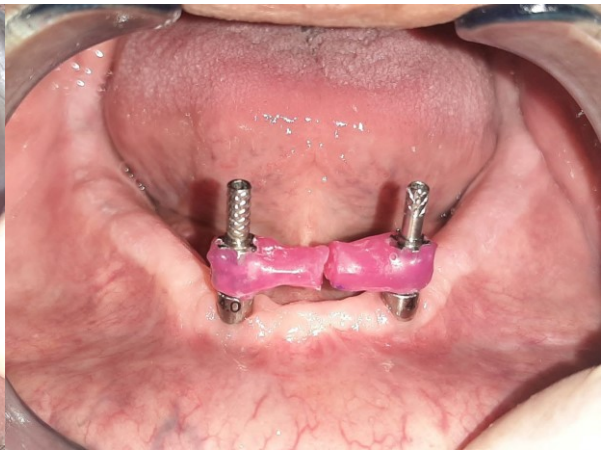
A. تم التأكد من امتداد حواف الطابع بشكل صحيح سريرياً.

B. تم تركيب طرفي الجبيرة مكانهما في فم المريض ليتم وصلهما بشكل مباشر داخل الفم بدفعات صغيرة مع التصليب 20 ثانية لكل منها للتقليل من تأثير التقلص التصلبي قدر الإمكان.

C. أُخذت طبعة الحواف على دفعات باستخدام مركب الطبع الخاص بالحواف.

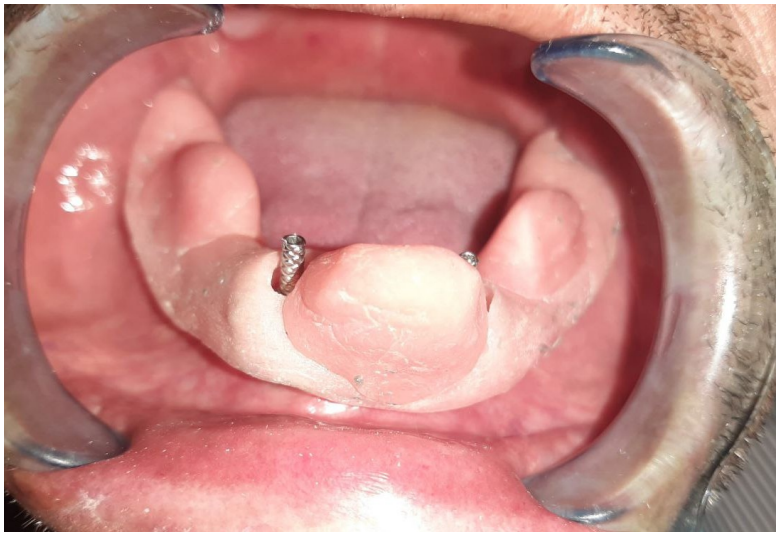


الشكل (41): تركيب طرفي الجبيرة داخل الفم



الشكل (42): الوصل المباشر داخل الفم

الشكل (43): العزل الجيد أثناء عملية تطبيق الريزين



الشكل (44): فحص حواف الطابع وانطباقه داخل الفم

D. بعد الانتهاء من طبعة الحواف، تمت إزالة الشمع الأحمر ثم بُرش مركب الطبع حوالي 0.5 ملم بواسطة منحتة ذات رأس حاد أو مشرط.

الشكل (45): طبعة الحواف باستخدام أقلام مركب الطبع

الشكل (46): عملية برش مركب الطبع

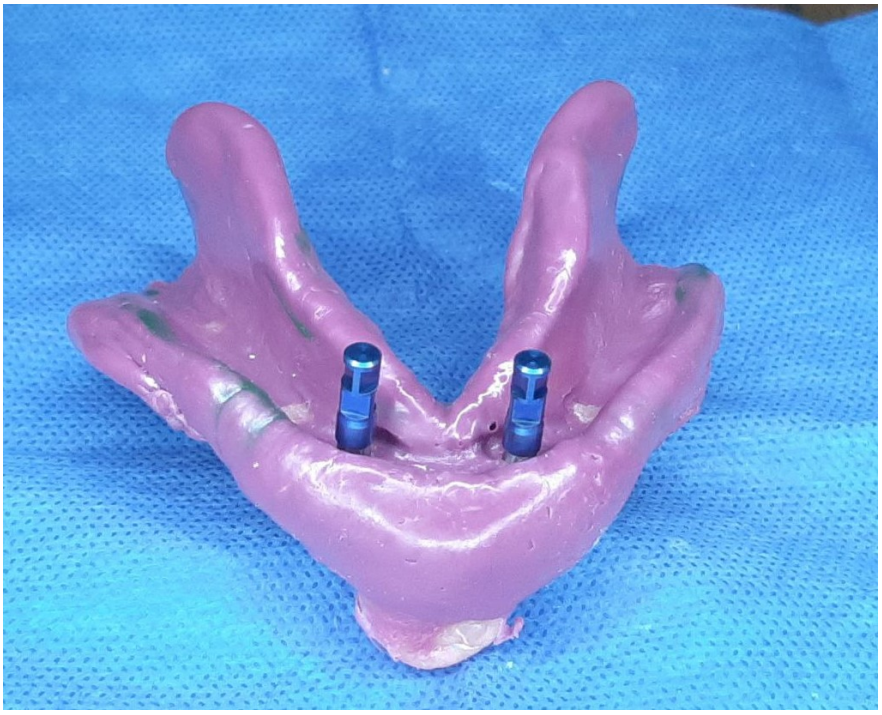
E. تم غسل الطابع بالماء الجاري وتنشيفه بشكل جيد بعد التفريغ والبرش، ليتم تجهيز السيليكون الإضافي متوسط القوام الذي تم مزجه آلياً بواسطة فرد الحقن والرؤوس المناسبة.

F. حُقنت المادة الطابعة داخل الطابع وتحت الجبيرة بشكل مباشر داخل الفم.

G. ضُغط الطابع مكانه حتى وصلت الصادمات إلى مكانها، ثم القيام بجميع الحركات الوظيفية المطلوبة مع الانتباه إلى إزالة زوائد المادة الطابعة التي تغطي فتحة البرغي الخارجة من الطابع.

H. بعد تمام التصلب، تم حل براغي الناقل باستخدام المفتاح المخصص ثم نُزعت الطبعة باستخدام السبابتين بشكل ثنائي الجانب.

I. تم تركيب نظير الزرعة في مكانه بشكل صحيح.



الشكل (47): الطبعة التقليدية النهائية باستخدام السيليكون الإضافي متوسط القوام

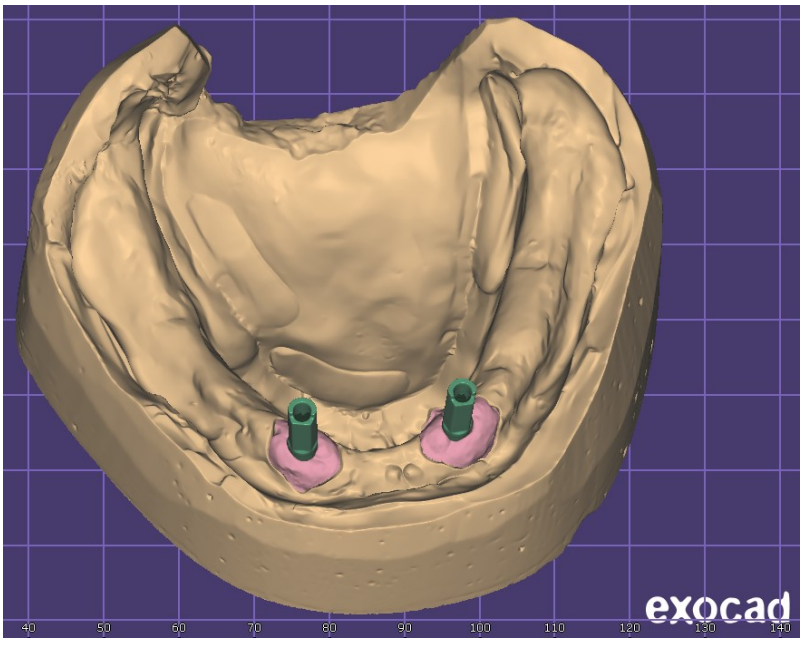
J. ثم طُبق السيليكون الخاص الذي يعبر عن اللثة المحيطة بالزرعة.

K. تم تعليب الطبعة بالشمع الأحمر ثم صبها بالجبس الحجري صنف III.

الشكل (48): مراحل عملية التعليب

L. تم تركيب نواقل المسح (ISBs) بشكل محدد على المثال الجبسي النهائي ثم تصويره بواسطة ماسح مخبري للحصول على نموذج رقمي للطبعة التقليدية حيث تم حفظه بصيغة PLY، STL.

الشكل (49): الأمثلة الجبسية النهائية



الشكل (50): النموذج الرقمي للمثال الجبسي النهائي

4-3 خطوات الطبعات الرقمية:

أُجري مسح الفك السفلي باستخدام الماسح الفموي (CAMEO ELEGANT 3) مع مسار مسح موحد لجميع الطبعات وفق تعليمات الشركة المصنعة.

طرق المسح الرقمية المختلفة للزرعات:

i. طبعة رقمية تقليدية بدون أي تعديل على نواقل المسح أو الارتفاع السنخي (Tra).

ii. فرش المعجون الكاشف للضغط (PIP) على الحافة الدرداء بين وحول نواقل المسح.

iii. طريقة جديدة لربط نواقل المسح بخيط بين سني وكومبزت سيال مع علامات مرجعية من الريزين ضوئي التصلب بأشكال وألوان مختلفة (Comp).

iv. طريقة جديدة لربط نواقل المسح بجبيرة إكريلية تتضمن أسنان اصطناعية إكريلية (Acr).

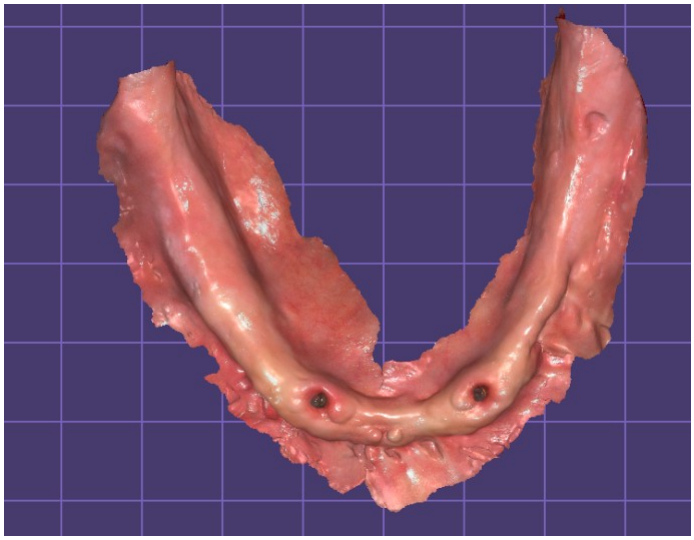
4-3-1 مسار المسح المستخدم:

البداية من المثلث خلف الرحوي بحركة قوس من الميزاب الدهليزي إلى المنطقة اللسانية ثم العودة ومع التقدم للأمام ببطئ (تقنية المسح Zig-Zag).

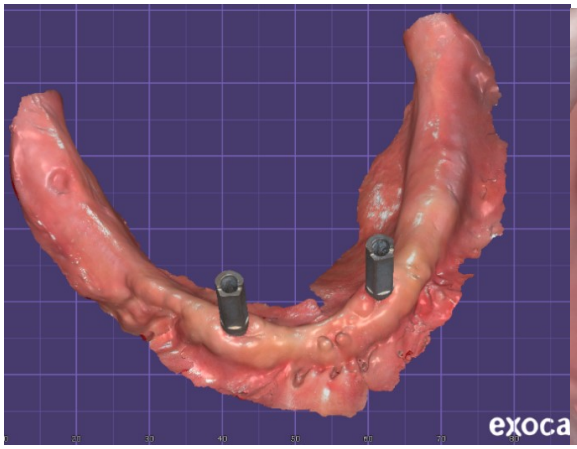
4-3-2 آلية العمل التقليدية:

- فُتح التطبيق الخاص بالماسح الفموي على جهاز الحاسوب المرفق، ثم أُدخلت بيانات المريض كالاسم والعمر وتحديد تفاصيل الحالة السريرية المتمثلة بوجود زرعتين في الفك السفلي الأدرد، كما تم إرفاق طريقة المسح مع اسم المريض لسهولة الأرشفة وترتيب البيانات مثل Nada PIP, Nada Tra.
- حُفظت بيانات المريض والحالة السريرية ثم الانتقال بعدها إلى واجهة المسح الرقمي.
- قبل البدء بالمسح، تم تفعيل خيار "Edentulous" والذي يتم تفعيله في حالات الدرد الكامل أو الفقد الطويل.
- لتأمين العزل المناسب وتبعيد الخدود والشفاه واللسان بشكل صحيح نحتاج إلى مساعد، لعدم قدرة الطبيب على السيطرة على جميع هذه العوامل بمفرده مهما بلغت خبرته.
- تم تبعيد الخد والشفة باستخدام الأصابع للأعلى وبزاوية 45 درجة للخارج، كما تم تبعيد اللسان باستخدام المبعدات الخشبية.

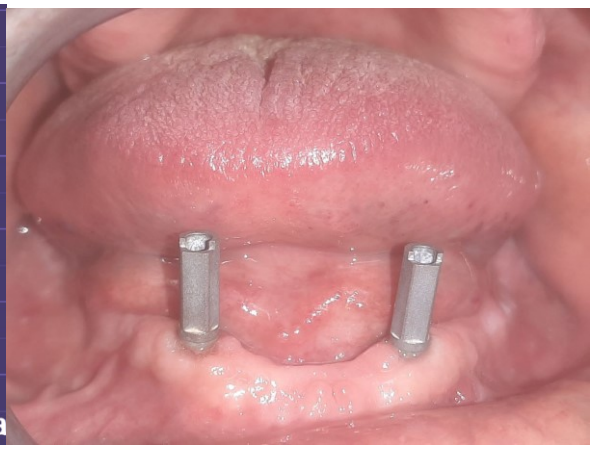
- طُلب من المريض المضمضة بالماء مرات متعددة خاصة في حالات القوام المخاطي للعاب ثم التنشيف بشكل جيد بالقطن، بعدها تمت السيطرة على اللعاب أثناء المسح بالماصة الجراحية وفرد الهواء.
- أُزيلت دعامات الشفاء ثم بدأ المسح في ظروف إضاءة الغرفة دون تشغيل ضوء الكرسي وفق المسار المحدد، من المثلث خلف الرحوي إلى المثلث في الطرف الآخر، حيث تم تسجيل طبعة الدرد الكامل ومظهر الانبثاق اللثوي للزرعتين في هذه المرحلة.
- تمت إزالة الزوائد والمناطق غير المرغوب بها باستخدام الأداة "Edit".
- في حال وجود فراغات أو حواف ناقصة بالطبعة، لا يوجد حاجة لإعادة المسح بشكل كامل، حيث تم تثبيت الطبعة في الأماكن الناجحة (أي منع حدوث تغيير فيها حتى لو أعدنا مسحها) باستخدام أداة خاصة ثم إضافة المناطق المفقودة.
- بعد انتهاء التعديلات على طبعة الدرد الكامل تم حفظها ثم الانتقال لمرحلة طبعة الزرعتين.
- تم تركيب ناقل المسح داخل فم المريض وشد البرغي يدوياً (يجب أن تكون وضعية الناقل نفسها في الطبعات الـ 5).
- يطلب البرنامج تحديد مكان الزرعات بدقة باستخدام أداة دائرية الشكل. بعدها يقوم البرنامج تلقائياً بتثبيت جميع المناطق ما عدا مكان الزرعتين لإضافة بيانات نواقل المسح.
- كي يتم التقاط ناقل المسح، يجب أن نبدأ من منطقة مرجعية (ذات شكل مميز) مجاورة وفي حال عدم وجودها ممكن أن نبدأ من المثلث خلف الرحوي حتى نصل لناقل المسح، ثم نبدأ بتصويره من كافة الاتجاهات حتى التسجيل الكامل لجميع سطوحه.
- بعد تصوير ناقلي المسح للزرعتين، يقوم البرنامج بمعالجة الطبعة لمدة تتراوح بين 60–90 ثانية ومن ثم الحصول على النتيجة النهائية.
- بعدها حُفظت الطبعة بصيغة PLY وSTL.



الشكل (51): طبعة الدرد الكامل مع مظهر الانبثاق اللثوي للزرعتين



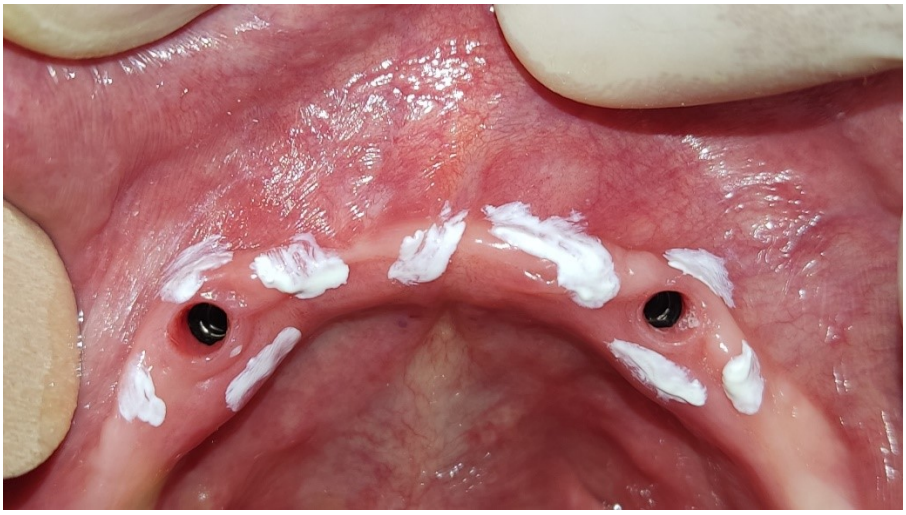
الشكل (52): تطبيق ناقل المسح داخل الفم



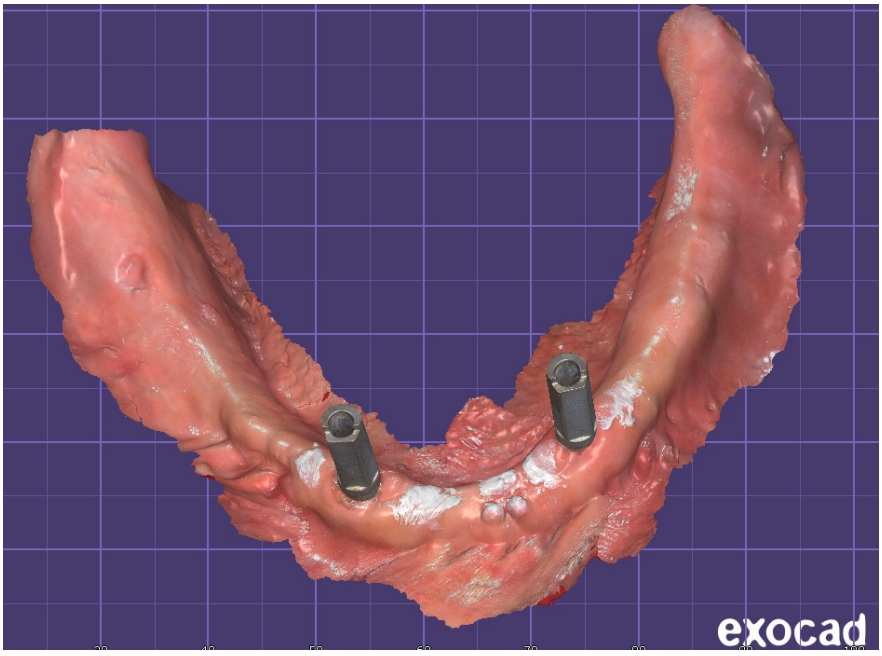
الشكل (53): الطبعة الرقمية النهائية

4-3-3 طريقة المعجون الكاشف للضغط

- قبل البدء بالمسح، استُخدمت فراشي البوند الرفيعة لوضع PIP على قمة الارتفاع السنخي بين وحول نواقل المسح.
- بعدها تم فك دعامات الشفاء، ثم المتابعة بنفس الخطوات السابقة التقليدية.



الشكل (54): تطبيق المعجون الكاشف للضغط PIP بين وحول الزرعتين



الشكل (55): الطبعة الرقمية باستخدام الـ PIP

4-3-4 طريقة التجبير بالخيوط بين السنية والكومبزت

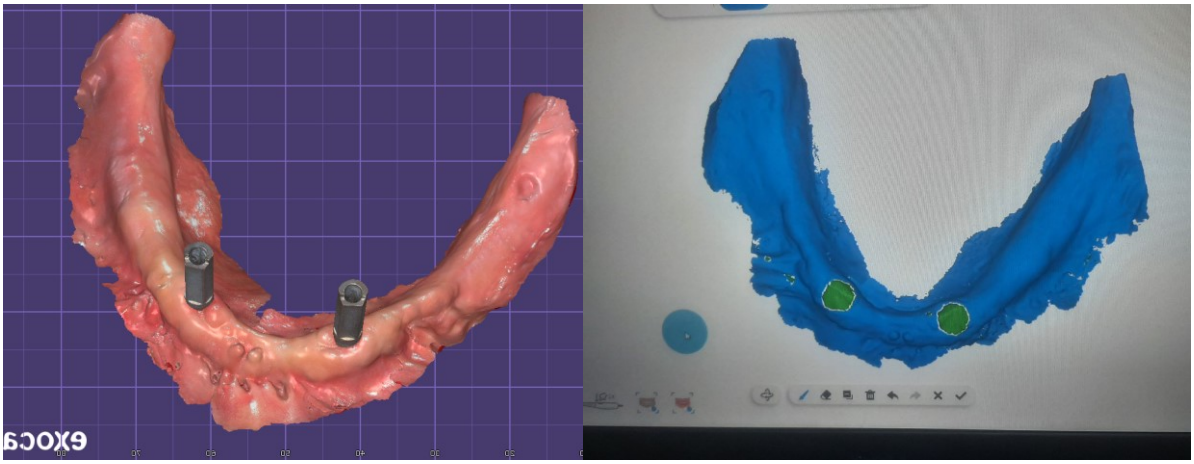
- بدايةً تم تركيب نواقل المسح على الزرعتين، ثم وصلهما بخيط بين سني وطُبق الكومبزت السيال بلون A2 لتغطية الخيط بشكل كامل في جميع الأماكن مع الانتباه لوجود مسافة بين الجبيرة والنسج اللثوية لا تقل عن 3 ملم.

- بعدها تم تطبيق أشكال مختلفة باستخدام الريزين العازل للثة (Liquid dam) باللونين الأزرق والأخضر.
- بدأ المسح بوجود الجبيرة وعند الانتهاء من طبعة الدرد الكامل، حُذفت بشكل كامل من الطبعة وتمت إزالتها من فم المريض ثم أُخذ مظهر الانبثاق اللثوي لكل زرعة (أيضاً تم الاعتماد على مبدأ التثبيت هنا لتفادي المشاكل الناجمة عن عملية إعادة المسح).
- بعد الحصول على مظهر الانبثاق اللثوي، تابعنا باقي الخطوات بشكل تقليدي من أجل تصوير نواقل المسح كل منهما على حدى دون وجود مواد إضافية.

الشكل (56): الوصل بين النواقل باستخدام الخيط

الشكل (57): تطبيق الكومبزت السيال

الشكل (58): تطبيق الراتنج المرن (عازل اللثة) على جبيرة الكومبزت



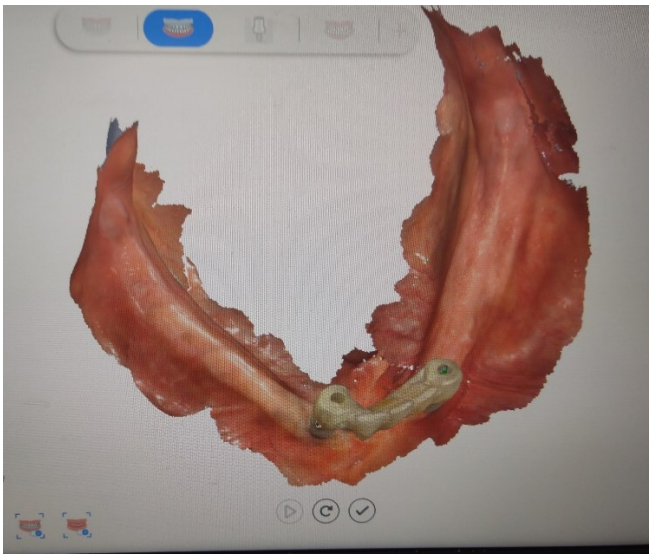
الشكل (59): بعد حذف جبيرة الكومبزت، إعادة مسح لمظهر الانبثاق اللثوي ثم تركيب نواقل المسح والطبعة النهائية

4-3-5 طريقة التجبير بالأسنان الاصطناعية الإكريلية

- بدايةً تم تركيب الدعامات الإكريلية التي تأخذ شكل الناب في كل طرف، ثم وُصلت القواطع الأمامية الإكريلية مع الأنياب باستخدام الكومبزت السيال، مع مراعاة ابتعاد القواطع عن اللثة بمسافة لا تقل عن 3 ملم كي لا تعيق تصوير النسج اللثوية تحتها.
- بدأنا المسح بوجود الاسنان الإكريلية وعند الانتهاء من طبعة الدرد الكامل، تم حذف الأسنان بشكل كامل من الطبعة.
- تم إزالة الدعامات الإكريلية من فم المريض وعدنا لنأخذ مظهر الانبثاق اللثوي لكل زرعة (أيضاً تم اعتماد مبدأ التثبيت هنا لتفادي المشاكل الناجمة عن عملية إعادة المسح).
- كما في الطريقة السابقة، بعد الحصول على مظهر الانبثاق اللثوي، تمت متابعة باقي الخطوات بشكل تقليدي من أجل تصوير نواقل المسح كل منهما على حدى دون وجود مواد إضافية.

الشكل (60): تركيب الدعامات الإكريلية التي تأخذ شكل الناب

الشكل (61): الوصل بين الدعامات باستخدام القواطع الإكريلية والكومبزت السيال



الشكل (62): طبعة الدرد الكامل مع الجبيرة قبل حذفها

4-4 طرق تقييم الدقة (الصحة Truness):

- بدايةً تم تركيب نواقل المسح على المثال الجبسي ثم تحويله إلى نموذج رقمي عن طريق مسحه بواسطة الماسح المخبري (A-IS PRO) ثم حفظه بصيغة STL.
- استُخدم برنامج التحليل ثلاثي الأبعاد (Geomagic control x 2022, 3D SYSTEMS, USA) لتقييم الصحة بين مجموعات الاختبار الأربعة، حيث تم حساب متوسط المسافة بالقيمة المطلقة بين النقاط المتناظرة في السحابة النقطية للطبعتين مع بعضهما البعض باستخدام الجذر التربيعي لمربع متوسط الاختلافات Root Mean Square (RMS).
- يحدد خطأ RMS درجة التوافق بين عمليات المسح الرقمية والنموذج الرقمي المرجعي للطبعة التقليدية.
- خطأ RMS هو مقياس إحصائي يستخدم لتحديد حجم التباين أو الاختلاف في مجموعة من القيم. يتم تطبيقه بشكل شائع في مجالات الهندسة والفيزياء والإحصاء لتقييم دقة القياسات والتوقعات. يتم حساب خطأ RMS كجذر تربيعي لمربع متوسط الانحرافات، مما يوفر قيمة واحدة تمثل متوسط حجم الفرق بين القيم المتقابلة لمجموعتي بيانات. تم حساب خطأ RMS لمنطقة محددة باستخدام الصيغة التالية:

$$RMS = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(x_{1,i} - x_{2,i}\right)^2}$$

$X_{1,i}$ يمثل نقاط البيانات المرجعية

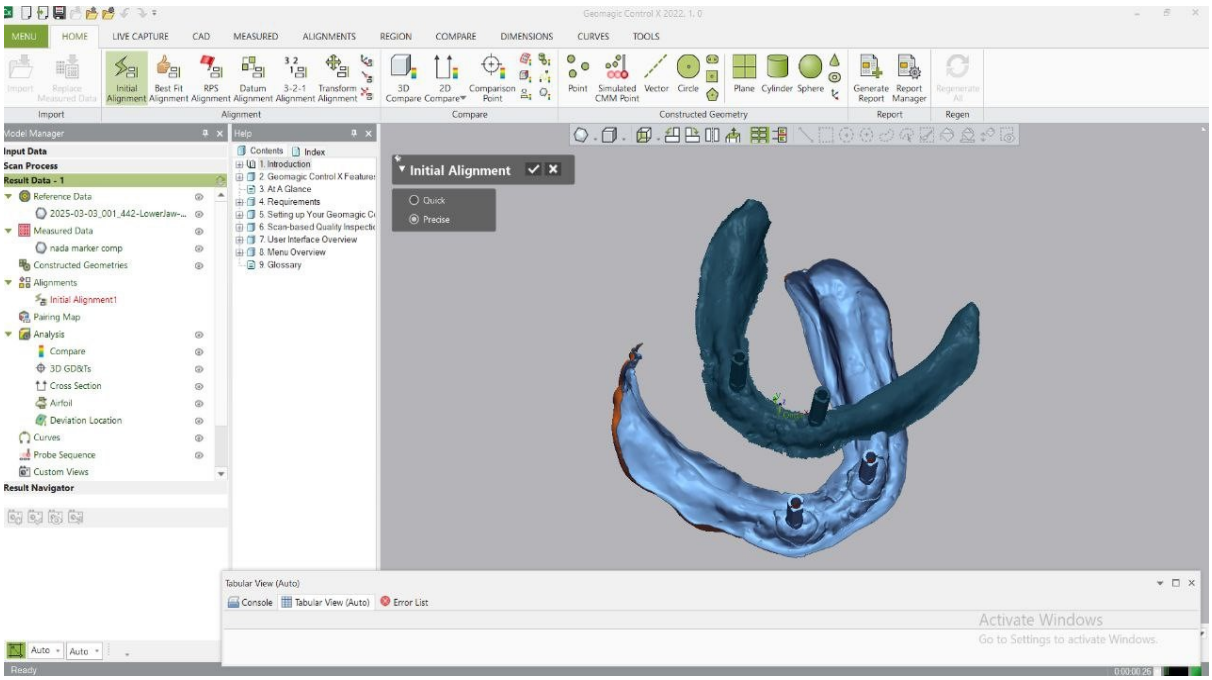
$X_{2,i}$ يمثل نقاط بيانات المسح الرقمي

n يمثل العدد الإجمالي لنقاط القياس لكل تحليل

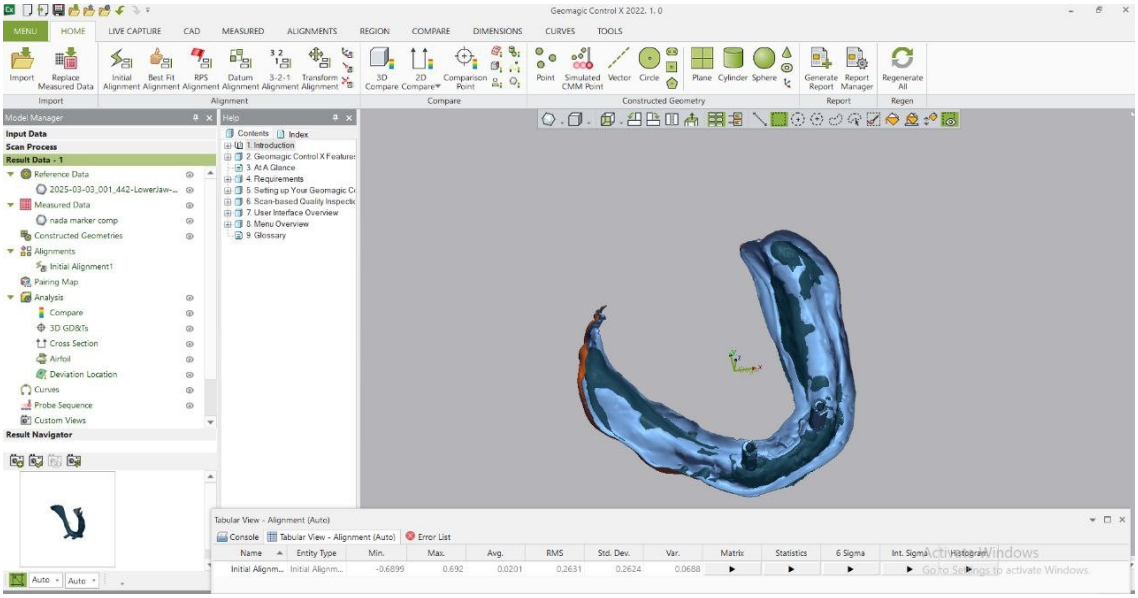
- تستخدم RMS لتحديد كيفية الاختلاف والانحراف بين مجموعتين مختلفتين من البيانات عن الصفر وبذلك تمثل قيمة RMS المنخفضة درجة عالية من الانطباق ثلاثي الأبعاد للبيانات المتراكبة.

4-4-1 آلية عمل برنامج Geomagic Control X

1) ضغطنا على خيار Import Reference Data وقمنا بتحميل ملف STL للمثال الجبسي، وثم تشذيبه وإزالة المناطق غير المهمة (المناطق التي لا تكون موجودة في الطبعة الرقمية) مثل حواف تعليب الطبعة.
2) بعدها خيار Import Measured Data لتحميل ملف STL لطبعة الاختبار الرقمية، حيث تمت المطابقة بينهما في البداية عن طريق إجراء المطابقة الأولية (Initial Alignment) لتركيب نموذج الاختبار على المرجع بشكل مبدأي.

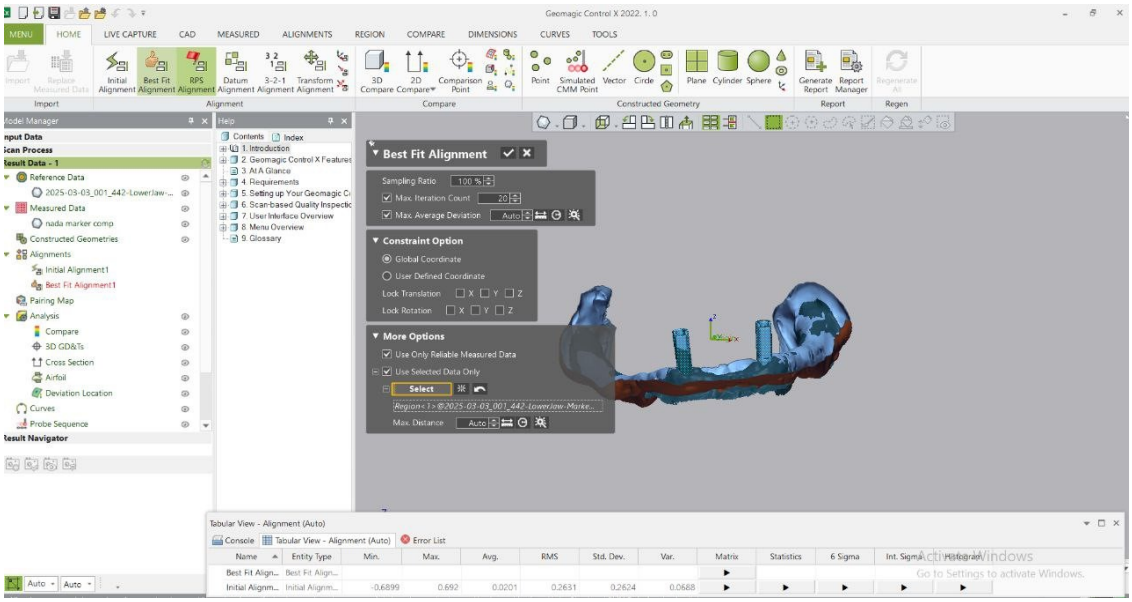


الشكل (63): النموذج المرجعي ونموذج الاختبار قبل إجراء المطابقة الأولية بينهما



الشكل (64): بعد إجراء المطابقة الأولية بين النموذجين

3) ومن ثم أُجريت المطابقة المثلى (Best Fit Alignment)، التي تتم تلقائياً في الأبعاد الثلاث.



الشكل (65): أثناء إجراء عملية المطابقة المثلى (Best Fit Alignment)

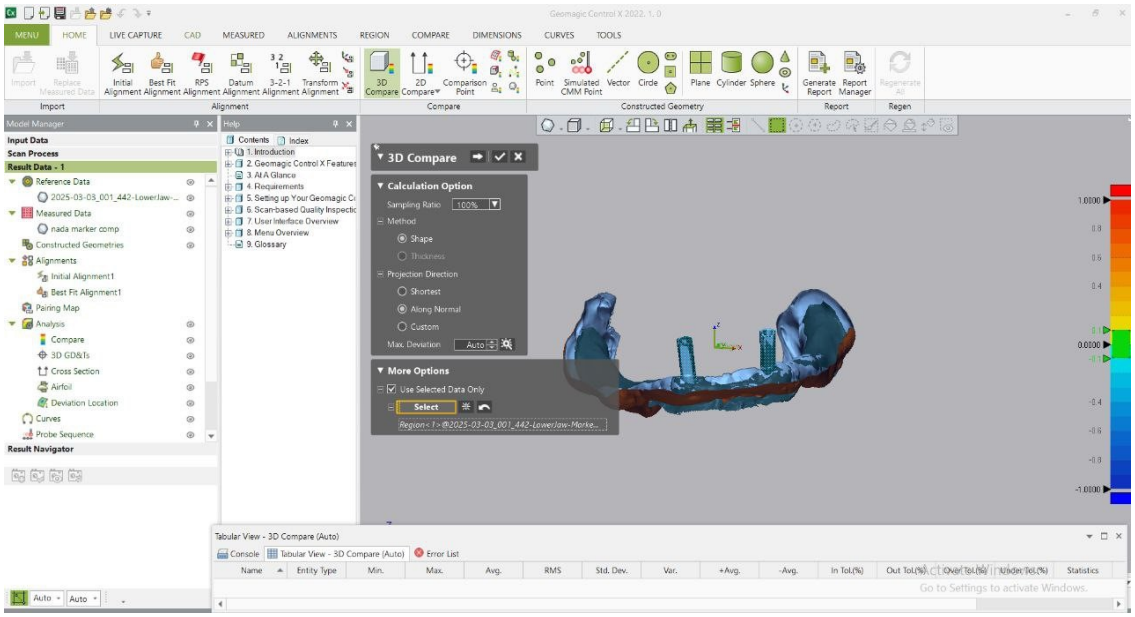
4) بعدها خيار 3D Compare لإجراء المقارنة ثلاثية الأبعاد، التي تُعرض كخريطة اختلاف لوني في نطاق محدد يبلغ ± 1 ملم (الفروق الإيجابية باللون الأحمر والسلبية باللون الأزرق)، كما تم ضبط نطاق

التفاوتات الهامشية المقبولة (مجال القبول Tolerance range) على ± 0.1 ملم أو ± 100 µm ويعبر عنه باللون الأخضر.

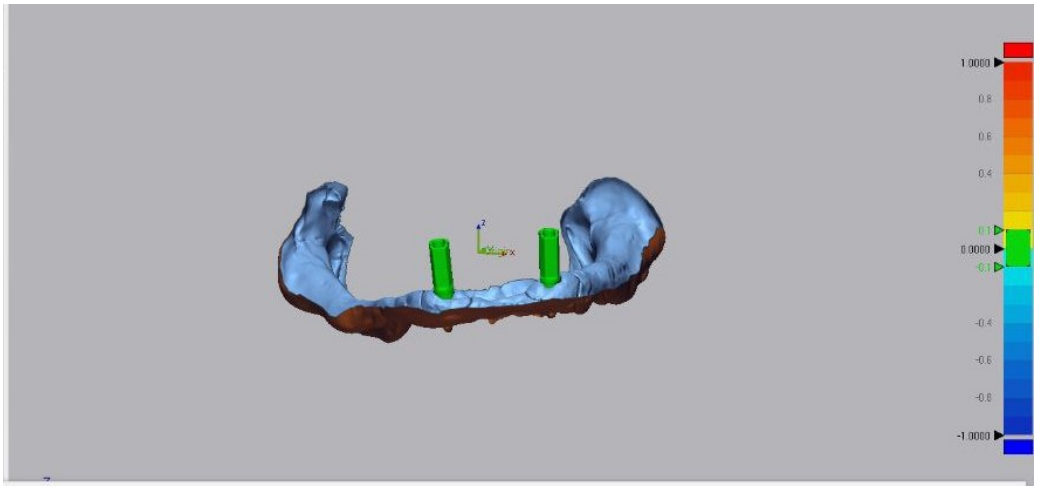
5) قبل تفعيل المقارنة ثلاثية الأبعاد، تم تحديد المنطقة المراد حساب خطأ RMS لها، وبعد تفعيلها يُظهر البرنامج جدولاً يحتوي على قيمة خطأ RMS للمنطقة المحددة فقط.

6) في هذا البحث تم حساب قيمتين لـ RMS في كل طبعة اختبار وهما:

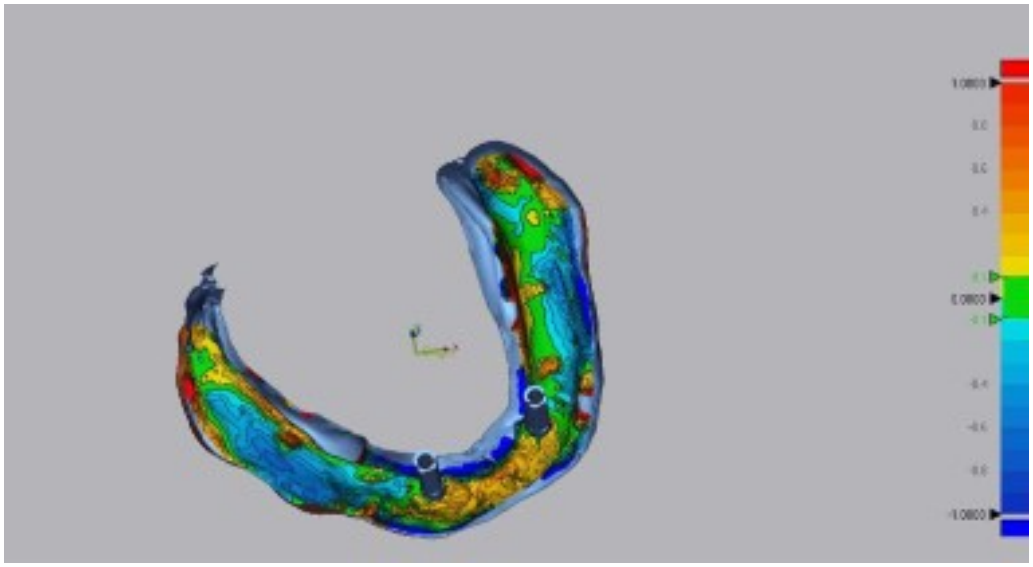
RMS Implants، RMS Full Arch.



الشكل (66): بعد إجراء عملية المطابقة المثلى، وأثناء تطبيق المقارنة ثلاثية الأبعاد 3D Compare



الشكل (67): إجراء المقارنة ثلاثية الأبعاد على مستوى الزرعتين فقط



الشكل (68): إجراء المقارنة ثلاثية الأبعاد على مستوى الدرد الكامل Full Arch

- تم متابعة جميع المرضى وتسليمهم جهاز فوقي مثبت على الزرعتين بواسطة الطبعة التقليدية والتي أظهرت نتائج دقة ممتازة.

5. الدراسة الإحصائية:

تم تحليل البيانات باستخدام الإصدار 25 من برنامج SPSS، أُجري الإحصاء الوصفي ثم تم التأكد من التوزيع الطبيعي للبيانات باستخدام اختبار Shapiro-wilk، ثم أُجري اختبار Repeated Measures ANOVA ثم المقارنات الثنائية بين مجموعات الدراسة.

الباب الثالث:

النتائج

Results

1. وصف عينة البحث:

أُجريت هذه الدراسة السريرية على 10 مرضى لمقارنة أربع تقنيات مسح رقمية مختلفة من خلال مطابقتها مع الطبعة التقليدية لزرعتين في الفك السفلي الأدرد وتقييم الاختلافات ثلاثية الأبعاد لكل من الزرعتين وطبعة الدرد الكامل.

حيث أُخذ 5 طبعات لكل مريض (واحدة تقليدية باستخدام السيليكون الإضافي متوسط القوام و4 رقمية باستخدام الماسح الفموي).

تم قياس الـ RMS لكل طبعة رقمية بناءً على المطابقة ثلاثية الأبعاد مع النموذج المرجعي (النموذج الرقمي الناتج عن المثال الجبسي النهائي للطبعة التقليدية).

الاختبار الأصح إحصائياً هو Repeated Measures ANOVA لأنه يقارن تأثير الطرق المختلفة على نفس أفراد العينة.

1-1 مجموعات الدراسة

تتكون الدراسة من أربع مجموعات اختبار كما هو مبين في الجدول التالي:

	تقنية المسح الرقمية المطبقة
Tra	مجموعة الطبعات الرقمية بدون أي تعديل عليها
Comp	مجموعة الطبعات الرقمية باستخدام جبيرة الكومبزت
PIP	مجموعة الطبعات الرقمية مع استخدام PIP
Acr	مجموعة الطبعات الرقمية مع استخدام الأسنان الإكريلية

جدول (1): مجموعات الدراسة

تمت تجزئة الطبعة التقليدية المرجعية إلى قسمين لنتمكن من حساب خطأ الـ RMS لكل قسم على حدا:

- ✓ ناقلي المسح للزرعتين Implants.
- ✓ باقي أجزاء الطبعة ما عدا نواقل المسح Full Arch.

2. الهدف الإحصائي

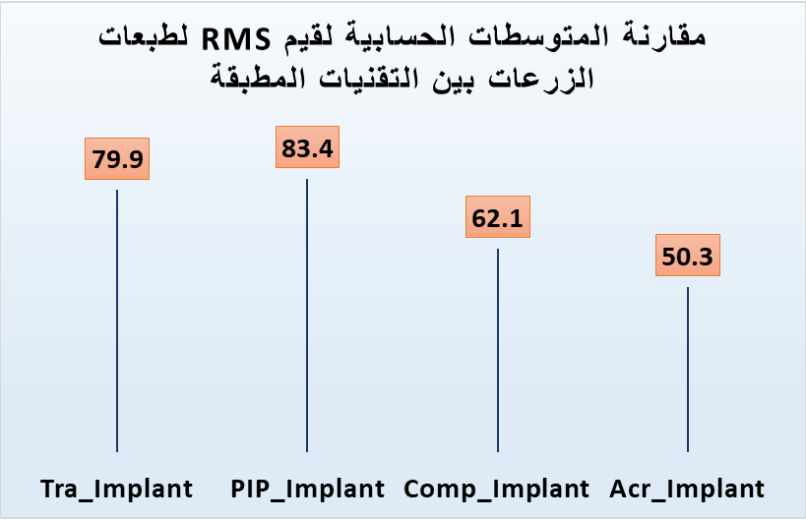
معرفة ما إذا كانت هناك فروق ذات دلالة إحصائية بين الطرق الأربع من حيث دقة الطبعات الرقمية، وذلك بقياس خطأ الـ RMS لكل طريقة مقارنة بالطبعة التقليدية.

3. الإحصاء الوصفي للبيانات المدروسة

3-1 RMS-Implants

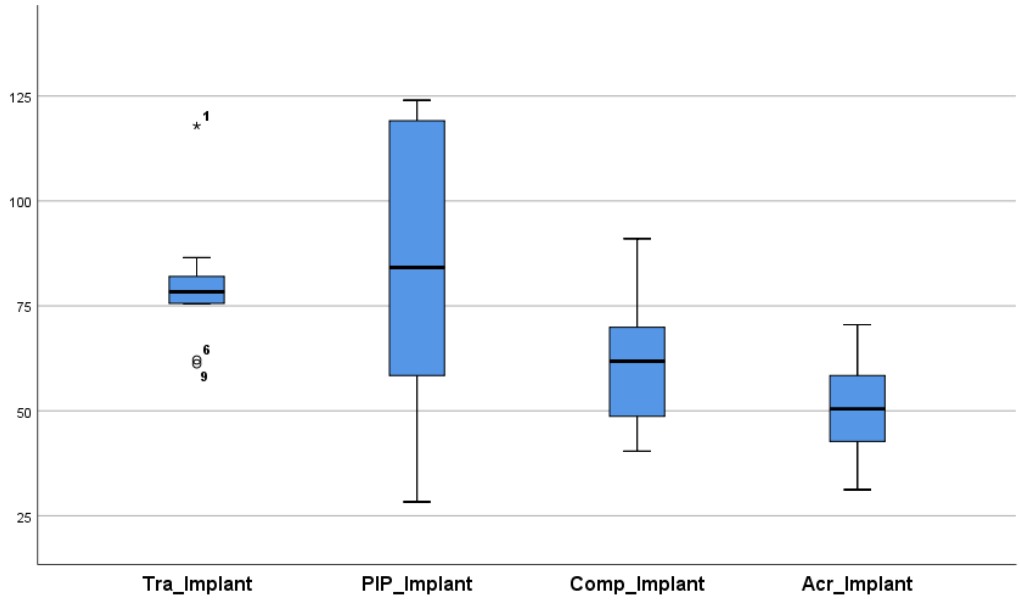
تشير النتائج إلى أن المتوسط الحسابي لقيم RMS للزرعات لجميع التقنيات كان أقل من 100 ميكرومتر، مما يدل على إمكانية تطبيقها سريرياً. وتبين أن أقل متوسط حسابي وأقل انحراف معياري لقيم RMS للزرعات كان وفق تقنية Acr . مما يدل ظاهرياً على أنها التقنية الأفضل بين التقنيات المطبقة، وللتحقق من ذلك إحصائياً سنقوم لاحقاً بتطبيق الاختبارات المناسبة. ويمكن ترتيب التقنيات بحسب دقة نتائجها (بدأً بالأفضل) كما يلي Acr ثم Comp ثم Tra ثم PIP.

الشكل (69):



جدول 2: الإحصاءات الوصفية لقيم RMS للزرعات وفق تقنيات التصوير الرقمي المختلفة

	N	Mean المتوسط الحسابي	SD الانحراف المعياري	Median الوسيط	Maximum أعلى قيمة	Minimum أدنى قيمة	Range المدى
Tra_Implant	10	79.9	15.7	78.350	117.9	61.2	56.7
PIP_Implant	10	83.4	34.0	84.150	124.0	28.3	95.7
Comp_Implant	10	62.1	16.0	61.800	91.0	40.4	50.6
Acr_Implant	10	50.3	11.1	50.450	70.5	31.2	39.3



المخطط 1: المخطط الصندوقي لـ RMS لطبعات الزرعات وفق التقنيات (مجموعات الدراسة) الأربعة

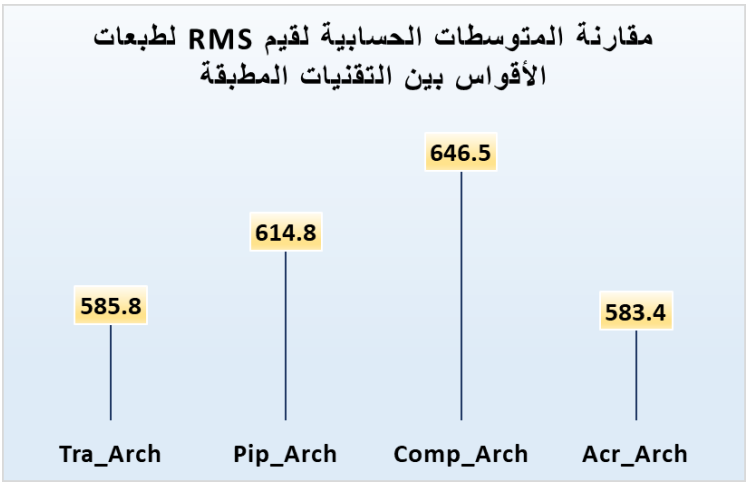
نلاحظ أن الصندوق الأعلى دقة وال أكثر اتساقاً هو Acr_Implant، فهو يمتلك أصغر وسيط (حوالي 50 ميكرومتر)، وهو الأقل تشتتا بين التقنيات الأخرى، ولا توجد قيم متطرفة.

RMS-Arch 2-3

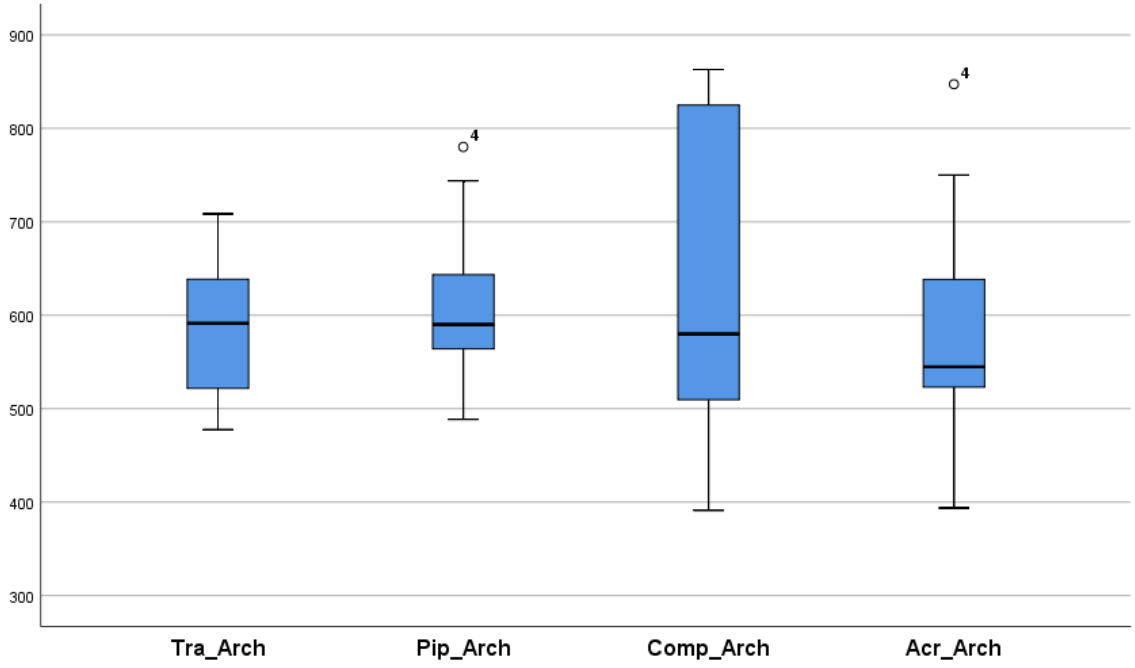
تشير النتائج إلى أن المتوسط الحسابي لقيم RMS لطبعات الأقواس لجميع التقنيات كان أكبر من µm100 مما يدل على أنها تختلف عن الطبعة التقليدية من ناحية الانطباق. وتبين أن أقل متوسط حسابي وأقل انحراف معياري لقيم RMS لطبعات الأقواس كان وفق تقنية Acr. مما يدل ظاهرياً على أنها التقنية الأفضل بين التقنيات المطبقة، وللتحقق من ذلك إحصائياً سنقوم لاحقاً بتطبيق الاختبارات المناسبة. ويمكن ترتيب التقنيات بحسب دقة نتائجها الظاهرية كما يلي Acr ثم Tra ثم PIP ثم Comp.

	N	Mean المتوسط الحسابي	SD الانحراف المعياري	Median الوسيط	Maximum أعلى قيمة	Minimum أقل قيمة	Range المدى
Tra_Arch	10	585.8	74.5	591.300	708.5	477.5	231.0
Pip_Arch	10	614.8	87.1	590.150	780.1	488.5	291.6
Comp_Arch	10	646.5	173.9	580.050	862.9	391.2	471.7
Acr_Arch	10	583.4	135.9	544.800	847.3	393.7	453.6

جدول 3: الإحصاءات الوصفية لقيم RMS للقوس الكامل وفق تقنيات التصوير الرقمي المختلفة



الشكل (70)



المخطط 2: المخطط الصندوقي لـ RMS لطبعات القوس الكامل وفق التقنيات (مجموعات الدراسة) الأربعة

4.اختبار التوزيع الطبيعي للبيانات المدروسة

تم إجراء اختبارات التوزيع الطبيعي Kolmogorov–Smirnov وShapiro–Wilk على البيانات المدروسة لاختيار الاختبارات الإحصائية المناسبة لها. وحيث أن حجم البيانات قليل فمن المنصوح الاعتماد في الحكم على Shapiro–Wilk أكثر من الاعتماد على Kolmogorov–Smirnov لتحقيق نتائج أكثر دقة.

RMS-Implant 1-4

	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk		
	Statistic	Pvalue	Statistic	Pvalue	الحكم على التوزيع
Tra_Implant	0.247	0.086	0.828	0.032	طبيعي وفق Kolmogorov
PIP_Implant	0.153	0.200*	0.934	0.484	طبيعي وفق الاختبارين
Comp_Implant	0.191	0.200*	0.950	0.667	طبيعي وفق الاختبارين
Acr_Implant	0.147	0.200*	0.988	0.993	طبيعي وفق الاختبارين

جدول 4: اختبارات التوزيع الطبيعي على بيانات RMS Implant لمجموعات الدراسة الأربعة

أظهرت معظم التقنيات توزعاً طبيعياً واضحاً في القيم المتعلقة بطبعات الزرعات، وفق نتائج الاختبارين المطبقين. باستثناء Tra_Implant التي كانت غير طبيعية وفقاً لاختبار Shapiro-Wilk

(Pvalue= 0.032 < 0.05) ولكن مستوى الدلالة قريب من 0.05، وبالتالي وبشكل عام يمكن أن نطبق عليهم الاختبارات المعلمية. ومن جهة أخرى فإن كون البيانات تتوزع توزعاً طبيعياً فهذا يعطي انطباعاً بأن البيانات تمثل العينة أو الظاهرة بشكل متوازن أي البيانات متمركزة حول متوسطها وأن التباين موزع بشكل متوازن.

RMS-Arch 2-4

	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk		
	Statistic	Pvalue	Statistic	Pvalue	الحكم على التوزيع
Tra_Arch	0.1050	0.2000	0.9770	0.9490	طبيعي وفق الاختبارين
Pip_Arch	0.2810	0.0240	0.8800	0.1300	طبيعي وفق Shapiro
Comp_Arch	0.2470	0.0860	0.8700	0.0990	طبيعي وفق الاختبارين
Acr_Arch	0.2070	0.200*0	0.9430	0.5890	طبيعي وفق الاختبارين

جدول 5: اختبارات التوزيع الطبيعي على بيانات RMS Full Arch لمجموعات الدراسة الأربعة

أظهرت معظم التقنيات توزعاً طبيعياً واضحاً في القيم المتعلقة بطبعات الأقواس، وفق نتائج الاختبارين المطبقين. باستثناء PIP_Arch التي كانت غير طبيعية وفقاً لاختبار Kolmogorov (Sig = 0.024 < 0.05). وبشكل عام يمكن أن نطبق عليهم الاختبارات المعلمية. وإن كون البيانات تتوزع توزعاً طبيعياً فهذا يعطي مدلولاً جيداً على البيانات متمركزة حول متوسطها وأن التباين موزع بشكل متوازن.

بما أن بيانات قيم RMS تتوزع توزعاً طبيعياً في مجموعات التقنيات المطبقة سواء على طبعات الزرعات أو طبعات الأقواس، وبما أن المجموعات المدروسة والمطلوب مقارنتها هي عبارة عن نتائج تقنيات جرى تطبيقها تباعاً على ذات المرضى، فإن الاختبار المناسب لمقارنة التقنيات هو اختبار Repeated Measures Anova. والاختبار المناسب للتحقق من صحة الطبعات هو مقارنتها مع 100 باستخدام اختبار T-student.

5. اختبار دقة الطبعات الرقمية بالطبعة التقليدية باستخدام One-Sample Test

5-1 RMS-Implant

تمت مقارنة كل من المتوسطات الحسابية لقيم RMS لطبعات الزرعات في المجموعات الأربعة مع المتوسط الافتراضي 100 وتبين معظم مستويات الدلالة كانت أصغر من 0.05 مما يدل على أن هنالك فروقات ذات دلالة إحصائية بين متوسط كل مجموعة والمتوسط الافتراضي 100. باستثناء متوسط قيم RMS لطبعات الزرعات في مجموعة PIP فقد كانت قيمة مستوى الدلالة أكبر من 0.05 أي أنه لا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بين متوسط هذه المجموعة والمتوسط الافتراضي.

اختبار T test

	Test Value = 100					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Pvalue	Mean Difference	Lower	Upper
Tra_Implant	-4.058	9	.0030	-20.1000	-31.304	-8.896
PIP_Implant	-1.543	9	.1570	-16.5900	-40.915	7.735
Comp_Implant	-7.523	9	.0000	-37.9500	-49.361	-26.539
Acr_Implant	-14.112	9	.0000	-49.6900	-57.655	-41.725

جدول 6: اختبار T test لطبعات الزرعات

RMS-Arch 2-5

تمت مقارنة كل من المتوسطات الحسابية لقيم RMS لطبعات الأقواس في المجموعات الأربعة مع المتوسط الافتراضي 100 وتبين كل من مستويات الدلالة كانت أصغر من 0.05 مما يدل على أن هنالك فروقات ذات دلالة إحصائية بين متوسط كل مجموعة والمتوسط الافتراضي 100.

اختبار T test

Test Value = 100

	t	df	Pvalue	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Tra_Arch	20.629	9	.0000	485.7700	432.502	539.038
Pip_Arch	18.692	9	.0000	514.8400	452.534	577.146
Comp_Arch	9.941	9	.0000	546.5400	422.170	670.910
Acr_Arch	11.250	9	.0000	483.3700	386.174	580.566

جدول 7: اختبار T test لطبعات الأقواس

6. دراسة الفروقات بين التقنيات المختلفة

RMS-Implant 1-6

ينتج من تطبيق الاختبار Repeated Measure Anova عدة جداول سنختار منها ما يناسبنا في دراستنا.

يشير الجدول التالي **Mauchly's Test of Sphericity** إلى أن شرط التكوّر [1] متحقق حيث أن مستوى الدلالة أكبر من 0.05 (Pvalue > 0.05)، لذا يمكن استخدام نتائج هذا الشرط Sphericity Assumed بشكل مباشر دون الحاجة لتصحيح الانحراف.

Mauchly's Test of Sphericity

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Pvalue
RMS	0.5730	4.294	5	0.5110

جدول (8): نتائج اختبار Mauchly's Test of Sphericity لقيم RMS-Implant

ومتابعة لما سبق ننتقل إلى جدول اختبار **Tests of Within-Subjects Effects** فنلاحظ أن هنالك فروقات ذات دلالة إحصائية بين المجموعات المدروسة حيث أن مستوى الدلالة أصغر من 0.05 وقيمة (F=6.840)

Tests of Within-Subjects Effects

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Pvalue
RMS	Sphericity Assumed	7240.495	3	2413.498	6.840	.0010

جدول (9): نتائج اختبار Tests of Within-Subjects Effects لقيم RMS-Implant

[1] وهو شرط إحصائي يرشدنا إلى الآلية اللاحقة لمتابعة تنفيذ الاختبارات.

الجدول التالي يبين المقارنات الثنائية بين المجموعات (التقنيات) المدروسة، حيث يظهر العمود الثاني من اليسار حاصل طرح المتوسط الحسابي للمجموعة الثانية من المجموعة الأولى. وعندما تكون القيمة سالبة يعني أن المتوسط في المجموعة الثانية أكبر من المتوسط في المجموعة الأولى. وتشير قيم P إلى دلالة الفروقات بين المتوسطات المدروسة، فإذا كان P أكبر من 0.05 فإنه لا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بين المتوسطين للمجموعتين المقارن بينهما.

المقارنة بين كل تقنيتين RMS1 vs RMS2	الفرق بين المتوسطين للتقنيتين RMS1−RMS2	Pvalue	الدلالة الإحصائية ($\alpha = 0.05$)	التفسير السريري
Tra vs Acr	29.59 µm	0.006	**نعم يوجد** ($p < 0.05$)	Acr أكثر دقة من Tra
PIP vs Acr	33.10 µm	0.032	**نعم يوجد** ($p < 0.05$)	Acr أكثر دقة من PIP
Tra vs PIP	−3.51 µm	1.000	لا يوجد ($p > 0.05$)	لا فرق إحصائي
Tra vs Comp	17.85 µm	0.157	لا يوجد ($p > 0.05$)	لا فرق إحصائي
PIP vs Comp	21.36 µm	0.407	لا يوجد ($p > 0.05$)	لا فرق إحصائي
Comp vs Acr	11.74 µm	0.555	لا يوجد ($p > 0.05$)	لا فرق إحصائي

جدول 10: المقارنات الثنائية بين المجموعات المدروسة بالنسبة للمتغير RMS Implant

وبالتالي نستنتج من الجدول السابق بالنسبة لطبعات الزرعات:

A) يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بين التقنيتين (Acr و Tra)، وبما أن المتوسط الحسابي لـ RMS في تقنية Acr أقل منه في تقنية Tra فإن Acr أكثر دقة.

B) يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بين التقنيتين (Acr وPIP)، وبما أن المتوسط الحسابي لـ RMS في تقنية Acr أقل منه في تقنية PIP فإن Acr أكثر دقة.

C) لا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بين التقنيتين (Tra و PIP)

D) لا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بين التقنيتين (Tra و Comp)

E) لا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بين التقنيتين (PIP وComp)

F) لا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بين التقنيتين (Acr وComp)

وخلاصة القول:

التقنية الأكثر دقة هي التقنية Acr بمتوسط حسابي لـ RMS (50.31 µm)

التقنيات الأقل دقة هما Traو PIP ولا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بينهما.

التقنية متوسطة الدقة هي التقنية Comp بمتوسط حسابي لـ RMS (62.1 µm) ، ولكن هذه التقنية لا تظهر فروقات ذات دلالة إحصائية مع كل من التقنيات الأخرى باختبارات المقارنة الثنائية.

RMS-Arch 2-6

ينتج من تطبيق الاختبار Repeated Measure Anova عدة جداول سنختار منها ما يناسبنا في دراستنا. يشير الجدول التالي **Mauchly's Test of Sphericity** إلى أن شرط التكوّر[2] متحقق حيث أن مستوى الدلالة أكبر من 0.05 (P > 0.05)، لذا يمكن استخدام نتائج هذا الشرط Sphericity Assumed بشكل مباشر دون الحاجة لتصحيح الانحراف.

[2] وهو شرط إحصائي يرشدنا إلى الآلية اللاحقة لمتابعة تنفيذ الاختبارات.

Mauchly's Test of Sphericity

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Pvalue
RMS	.3380	8.375	5	.1400

جدول (11): نتائج اختبار Mauchly's Test of Sphericity لقيم RMS-Arch

ومتابعة لما سبق ننتقل إلى جدول اختبار **Tests of Within-Subjects Effects** فنلاحظ أنه لا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بين المجموعات المدروسة حيث أن مستوى الدلالة أكبر من 0.05 وقيمة (F=6.840)

Tests of Within-Subjects Effects

	Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Pvalue
RMS	Sphericity Assumed	26323.794	3	8774.598	0.7130	0.553

جدول (12): نتائج اختبار Tests of Within-Subjects Effects لقيم RMS-Arch

الجدول التالي يبين المقارنات الثنائية بين المجموعات المدروسة.

المقارنة بين كل تقنيتين RMS1 vs RMS2	الفرق بين المتوسطين للتقنيتين RMS1−RMS2	Pvalue	الدلالة الإحصائية ($\alpha = 0.05$)	التفسير السريري
Tra vs PIP	−29.070	1.000	لا يوجد ($p > 0.05$)	لا فرق إحصائي
Tra vs Comp	−60.770	1.000	لا يوجد ($p > 0.05$)	لا فرق إحصائي
Tra vs Acr	2.400	1.000	لا يوجد ($p > 0.05$)	لا فرق إحصائي
PIP vs Comp	−31.700	1.000	لا يوجد ($p > 0.05$)	لا فرق إحصائي
PIP vs Acr	31.470	1.000	لا يوجد ($p > 0.05$)	لا فرق إحصائي
Comp vs Acr	63.170	1.000	لا يوجد ($p > 0.05$)	لا فرق إحصائي

جدول (13): المقارنات الثنائية بين المجموعات المدروسة بالنسبة للمتغير RMS−Arch

وبالتالي نستنتج من الجدول السابق بالنسبة لطبعات الأقواس أنه لا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بين أي من ثنائيات التقنيات. أي لا يوجد تفوق واضح لأي تقنية في دقة طبعات القوس الكامل بناءً على هذه النتائج.

الباب الرابع:

المناقشة

Discussion

1. مناقشة الهدف من البحث:

بدايةً لا بدَّ من معرفة أن لكل جهاز مسح فموي (IOS) مجال رؤية محدود، ويتم دمج (ربط) عدة صور للحصول على نموذج افتراضي. وتظهر محدوديات أجهزة المسح الفموي عندما تصبح عملية ربط الصور خاطئة نتيجة الحصول على صور يصعب تمييزها من مناطق الدرد، التي تفتقر إلى سمات شكلية مميزة (Nagy, Simon et al. 2020).

عند مسح الزرعات السنية في الدرد الكامل، يوجد العديد من العوامل المؤثرة مما يؤدي إلى تراكب الصور من خلال استخدام الصورة الأولى التي تم الحصول عليها كمرجع وربط الصور التالية إلى الصور السابقة. تقدم كل عملية ربط مفردة احتمال لحدوث خطأ مما يقلل من دقة الطبعات الرقمية (Gimenez-Gonzalez, Hassan et al. 2017).

الأمر أشبه بأحجية الصور المقطوعة (Jigsaw puzzle)، عندما تكون الصورة عبارة عن رسومات عشوائية ذات لون موحّد تقريباً ولا تمثل شكل محدد فيصعب علينا مطابقة أجزاء الصورة بشكل صحيح، حيث أننا قد نطبق أجزاء مكان أخرى دون تمييز ذلك، فيصعب علينا تخيّل الشكل النهائي لأنه غير موجود بالذاكرة، الأمر نفسه يحدث مع الماسح في حالات الدرد الكامل حيث لا توجد حالة تشبه الأخرى.

تم استخدام طرق وأجهزة متنوعة لتقليل تأثير خطأ الربط بين الصور الناتج عن المسح في المناطق الدرداء. حيث تم تطبيق المعجون الكاشف للضغط أو المعالم الاصطناعية على منطقة الدرد، إضافة إلى وضع جزء هندسي مساعد بين نواقل المسح (ISBs) واستخدام ISBs ذات الامتداد الوحشي وتجبير ISBs بواسطة خيط تنظيف الأسنان، وهي من الحلول السريرية المقترحة لتوفير مسار مسح مرئي بوضوح لجهاز المسح الفموي (IOS). كما قد يساعد تجبير الزرعات تقنية وخوارزمية المسح داخل الفم على التمييز بشكل أفضل لمواقع نواقل المسح والتعويض عن نقص المعالم التشريحية في الفك الأدرد (Mizumoto and Yilmaz 2018, Iturrate, Eguiraun et al. 2019, Huang, Liu et al. 2020).

اختبرت جميع هذه المحاولات في دراسات مخبرية فقط، ورغم نجاح أغلبها لم يتم دراستها سريرياً في أي بحث حتى الآن.

ومن هنا جاءت فكرة البحث في إجراء دراسة سريرية لتحري تأثير تجبير نواقل المسح على دقة طبعات الزرع الرقمية في حالة الجهاز الفوقي الكامل السفلي المثبت بزرعتين، حيث تم اختبار طرق متنوعة للتجبير الهدف منها تقليل أو تعويض أخطاء الربط بين الصور من خلال توفير "جسر بصري" بين نواقل المسح للزرعات.

في التعويضات المتحركة، يتطلب نجاح الطبعة النهائية للجهاز الفوقي الكامل السفلي المثبت بزرعتين دقة الطبعة على مستوى الزرعتين والدرد الكامل. فنجاح أحدهما دون الآخر يعني فشل التعويض النهائي. لذلك تم دراسة مدى وفعالية الماسح الفموي المستخدم في أخذ الطبعات النهائية للدرد الكامل السفلي مع تقنيات المسح المختلفة حيث تمت المقارنة بين مجموعات الدراسة المختلفة.

2. مناقشة المواد والطرائق

2-1 مناقشة محدوديات الدراسة السريرية

المعيار الذي تم تحليله ومقارنته هو دقة تقنيات الطبعات (الصحة): لتقييم ومقارنة صحة الطبعات المختلفة، يجب نقل موقع الزرعات السنية داخل الفم بواسطة أداة عالية الضبط للحصول على نموذج مرجعي. ومع ذلك، بسبب الخصائص التشريحية للتجويف الفموي، لا يمكن إجراء هذا النقل بواسطة أدوات عالية الضبط مثل آلة قياس الإحداثيات (CMM) أو الماسح المخبري خارج الفموي، وهذا هو السبب في أن الدراسات السريرية لا يمكنها مقارنة صحة تقنيات الطبعات المختلفة (Ender and Mehl 2014).

تتيح الدراسات المخبرية استخدام بيانات مرجعية صحيحة. ومع ذلك لا يمكن استخدام الأجهزة المخصصة للحصول على هذه البيانات المرجعية في الدراسات السريرية، وعادةً ما تتم مقارنة الطبعات الرقمية بالطبعات التقليدية فقط. لذلك أغلب الدراسات السابقة مخبرية بسبب إمكانية الحصول على مواقع مرجعية صحيحة لنواقل المسح أو الزرعات باستخدام أجهزة القياس الصناعية (Gedrimiene, Adaskevicius et al. 2019).

ونظراً لعدم وجود تقنيات موثوقة للحصول على مرجع حقيقي (صحيح) في الظروف السريرية، استُخدمت الأمثلة الرئيسية المصنوعة من الطبعات التقليدية كأفضل مرجع متاح في هذه الدراسة.

لذلك في هذه الدراسة السريرية، لا يمكن معرفة من الأكثر دقة بين الطبعة التقليدية والطبعات الرقمية المختلفة بل يمكن معرفة من أكثر تقنية مسح رقمية أقرب إلى الطبعة التقليدية، التي اعتبرت كأفضل مرجع متاح نقيس مقدار الاختلاف عنه. على نقيض ذلك في الدراسات المخبرية يمكن معرفة الطبعة الأكثر دقة بين التقليدية والرقمية.

تتيح الدراسة السريرية فحص الانطباق الحيادي للتعويض النهائي الناتج عن كل طبعة مع فترات متابعة، مما يعطينا نتائج أكثر موثوقية عن دقة جميع الطبعات المختبرة ويوفر مزيداً من المعلومات حول جدوى الطبعة بدلاً من دقتها ذاتها، لكن ذلك يجعل الدراسة ذات تكاليف عالية جداً وتحتاج لمدة زمنية طويلة، فضلاً عن صعوبة استخدام المريض لـ 5 أجهزة مختلفة والتزامه بجميع فترات المتابعة.

2-2 مناقشة موقع الزرعات:

نشرت دراسة مخبرية أُجريت في جامعة دمشق عن تأثير المسافة بين الزرعتين في الفك السفلي على قوة تثبيت وصلات كروية مثبتة لجهاز فوقي، أنَّ نقصان المسافة بين الزرعتين أدى بشكل واضح إلى الزيادة في قوة التثبيت وأنَّ المسافة 22 ملم بين الزرعتين كانت الأفضل بفرق جوهري عن باقي المجموعات عند استخدام الحلقة المطاطية ذات التثبيت المنخفض، وهذا ما يتوافق مع (Misch 2004) الذي اعتبر أن أفضل مكان لوضع الزرعتين هو مكان النابين حيث تعتبر المسافة (22) ملم من أفضل المسافات لوضع الزرعات والموافقة للموقعين (B-D) (جغصي ع، الشعراني إ، 2015).

2-3 مناقشة المواد المستخدمة في الطبعات التقليدية:

السيليكون ذو التفاعل التكاثفي كمادة طبع أولية للزرعات السنية:

عادةً ما تستخدم الألجينات في أخذ الطبعات الأولية في حالات الدرد الكامل والجزئي، أما في حالات طبعات الزرع الأولية بالطريقة المباشرة، تكون غير دقيقة على مستوى طبعة الزرعات؛ حيث هناك خطر كبير لدوران ناقل الطبعة

ضمن المادة الطابعة عند تثبيت نظير الزرعة مكانه بالإضافة لإمكانية حركة الناقل بالمستوى العمودي أيضاً. يعتبر المطاط ذو التفاعل التكاثفي عالي اللزوجة هو البديل الأنسب كطبعة أولية، نظراً لقوى مقاومة التمزق المرتفعة والشفاء الممتاز بعد التشوه مقارنة بالألجينات.

السيليكون ذو التفاعل الإضافي كمادة طبع نهائية للزرعات السنية:

يعد مادة مقبولة ومستخدمة بشكل واسع، وبوصفه مادة طبع للزرعات يتميز بما يلي:

_ ثبات الأبعاد الممتاز والقدرة العالية على الشفاء بعد التشوه والنسخ الدقيق للتفاصيل (Lu, Mausel et al. 2004). استخدامه يمكن أن يقلل نظرياً من التشوه الدائم لمادة الطبع المسبب عن الجهود المتكونة بين المادة ونواقل الزرعات التي تنشأ عند نزع الطبعة مع النواقل من الاتصال الداخلي لهذه الزرعات (Vigolo, Givani et al. 2004).

_ ذو معامل مرونة منخفض يسمح بإزالة الطبعة من الفم بسهولة ولا سيما عند وجود زرعات غير متوازية (Daou 2010). تشهد الأبحاث السابقة لهذه المادة تفوقها في مجال طبعات الزرعات السنية (Wee 2000, Lee, So et al. 2008, Chang, Vahidi et al. 2012).

في التعويضات المتحركة الكاملة، تعتبر الطبعة المعيارية هي طبعة أكسيد الزنك والأوجينول مع أخذ طبعة الحواف باستخدام مركب الطبع. لكنها تعتبر من المواد الطابعة غير المرنة وبالتالي غير مناسبة لأخذ طبعات الزرع، لذلك اخترنا القوام المتوسط من المطاط الإضافي لنجاح الطبعة على مستوى الزرعتين والدرد الكامل.

2-4 مناقشة الطريقة المستخدمة في الطبعة التقليدية

استخدمت الطوابع الإفرادية لأخذ الطبعات النهائية بعد 24 ساعة على الأقل من صناعتها، للتأكد من تمام التصلب وانتهاء التغيرات التالية للتفاعل التصلبي للإكريل واستقرار الأبعاد (Thongthammachat, Moore et al. 2002).

أشارت معظم الأبحاث السابقة إلى أن تقنية الطابع المفتوح أكثر دقة من تقنية الطابع المغلق، حيث أن تقنية الطابع المفتوح غالباً ما تنتج طبعة أقل تشوّهاً خصوصاً في طبعات الزرعات السنية المتعددة. كما أوصت باتباع طريقة الوصل ما بين نواقل الطبعة في تقنية الطابع المفتوح لتحسين دقة طبعات الزرعات السنية (Cabral and Guedes 2007, Lee, Heo et al. 2009, Faria, Neves et al. 2011, Al Quran, Rashdan et al. 2012). لا تزال تقنية الطبعة التقليدية باستخدام الطابع المفتوح مع تجبير نواقل الطبعة هي المعيار الذهبي في طبعات زرعات الأقواس الكاملة، حيث أُبلغ عن دقة عالية لهذه التقنية. ويتمثل الهدف الأساسي من تجبير نواقل الطبعة في تجنب الحركة الدقيقة أثناء التسجيل (Al Quran, Rashdan et al. 2012, Patzelt, Vonau et al. 2013, Gómez-Polo, Sallorenzo et al. 2024).

2-5 مناقشة التقنيات المختلفة لطبعات الزرع الرقمية

أفادت الدراسات أن سرعة التعلّم ونتائج كل تجربة تختلف باختلاف الأجهزة (Kim, Park et al. 2016). حتى أطباء الأسنان المتمرسين يحتاجون إلى التدريب على استخدام الماسح الفموي، وتتحسن الدقة مع الممارسة (Lim, Park et al. 2018). ولتقليل فرق الدقة وفقاً لكفاءة مستخدم الماسح الفموي، تمَّ في هذه الدراسة التدريب على استخدام الماسح الفموي لمدة شهر وحُذفت جميع عمليات المسح في تلك الفترة حتى تحسَّنت المهارة اليدوية وتمَّ إتقان العمل بظروف الرؤية غير المباشرة.

تم استخدام خافض اللسان الخشبي بدل المرآة السنية في تبعيد الخدود والشفاه واللسان أثناء القيام بالمسح الرقمي لتجنب التأثيرات السلبية لانعكاس الضوء من المعادن على دقة الطبعة الرقمية.

كما ورد في العديد من الدراسات، تكمن التحديات الرئيسية في مسح الفك الأدرد في نعومة سطح الغشاء المخاطي وغياب الخصائص الشكلية الثابتة، مما يؤدي إلى تراكم أخطاء الربط بين الصور (Flügge, van der Meer et al. 2018, Mizumoto, Yilmaz et al. 2020). بالإضافة إلى ذلك، فإن التشابه بين نواقل المسح يجعل

من الصعب على أجهزة المسح التمييز بينها. وقد أشارت مراجعة منهجية حديثة إلى أن استخدام ناقل مسح مع تجبير قد يكون مفيداً في التغلب على هذه الصعوبات (Flügge, van der Meer et al. 2018).

بشكل عام، تنشأ النماذج الافتراضية الناتجة عن المسح داخل الفم عن طريق تراكب الصور التي يلتقطها جهاز المسح الفموي. وتؤدي هذه العملية حتماً إلى إدخال أخطاء في ربط الصور. ووفقاً لما ورد في العديد من الدراسات، فإن هذه الأخطاء تكون أكثر وضوحاً في الأقواس الفكية الدرداء بسبب غياب نقاط السمات الثابتة في المناطق ما بين الزرعات (Andriessen, Rijkens et al. 2014, Flügge, van der Meer et al. 2018, Mizumoto, Yilmaz et al. 2020, Wulfman, Naveau et al. 2020). وقد ظهرت المشكلات نفسها أيضاً في هذه الدراسة، إذ لم يوفر السطح الأملس والعاكس للمخاطية نقاط مرجعية كافية، وهي نقاط كانت ضرورية لعملية ربط الصور. ولتجاوز هذه القيود، تم اقتراح تقنيات مختلفة لزيادة عدد نقاط المرجع (Huang, Liu et al. 2021).

هدفت هذه التقنيات المختلفة إلى زيادة عدد النقاط المرجعية والحصول على صور في كل مسح اعتماداً على البنى الصلبة بدلاً من الغشاء المخاطي الأملس والعاكس والقابل للحركة، مما يقلل من الأخطاء أثناء عملية الربط (Huang, Liu et al. 2020).

إذاً في هذه الدراسة، تم بذل جهد لتحسين دقة المسح من خلال إدخال طرق جديدة لتشكيل الجسر البصري بين نواقل المسح. وقد وُضعت المواد المستخدمة في المناطق بين الزرعات لجعل نواقل المسح "مُجبرة" معاً. وتم توفير نقاط مرجعية بين ناقلي المسح بواسطة البنى الصلبة بدلاً من الغشاء المخاطي غير المستقر، مما قد يسهل عملية الربط ويقلل من أخطائها.

على الرغم من أن جميع التقنيات التي تم تناولها في هذه الدراسة أظهرت دقة مقبولة في الطبعات مقارنةً مع الطبعات التقليدية، إلا أن الأداء لم يكن متكافئاً بين جميع التقنيات. إن استخدام المعجون الكاشف للضغط على المخاطية بين الزرعات لم يحسن جودة المسح مقارنةً بتقنية المسح الرقمي التقليدية للقوس الكامل. ويعزى ذلك إلى

صعوبة الحفاظ على علامات الـ PIP بدون تشوه؛ حيث تحتاج إلى عزل ممتاز ومستمر طيلة مدة أخذ الطبعة، وصعوبة تعديلها في حال تشوهها؛ حيث غالباً ما نحتاج لإعادة الطبعة من البداية بعد تعديل علامات الـ PIP مرة أخرى.

أثرت مدة عملية المسح على المدة الإجمالية للإجراء السريري. استخدام التجبير أثناء المسح استغرق وقتاً أطول مقارنةً بتقنية المسح الرقمي التقليدية. ومع ذلك، كان عدد المسحات المطلوبة لتحقيق تمثيل دقيق أقل بشكل ملحوظ عند استخدام نواقل المسح المجبرة مقارنة بنواقل المسح غير المجبرة. تشير هذه النتيجة إلى أنه على الرغم من أن الخطوات السريرية قد تتطلب وقتاً أطول، إلا أن المدة الإجمالية للإجراء قد تكون أقصر عند استخدام طرق التجبير؛ نظراً لوجود مرجع ثابت نعود إليه عند ضياع الماسح الفموي.

يتطلب سير العمل الرقمي المحدد لطريقتي التجبير بالكومبزت والأسنان الإكريلية إنشاء فتحة بالشبكة (mesh hole) في المسح الرقمي بعد حذف الجبيرة. بعد ذلك، يُعاد مسح المنطقة لالتقاط النسج الرخوة حول الزرعتين. قد تؤثر عملية إعادة المسح هذه على دقة الطبعة النهائية (Gómez-Polo, Piedra-Cascón et al. 2021). ولذلك، تم تثبيت الطبعة بشكل كامل وحذف جميع البيانات المضافة عدا مكان الفتحة والذي يمثل مظهر الانبثاق اللثوي للزرعة.

بالنسبة لطريقة التجبير بالأسنان الاصطناعية الإكريلية، كان الاتصال الداخلي للدعامات Non-HEX؛ حتى نستطيع جعل السطح الدهليزي للناب للخارج دائماً لدى جميع المرضى، وبالتالي إمكانية استخدامها لجميع الحالات المشابهة، حيث أن اتصال هذه الدعامات مع الزرعة غير مهم، فهي لا تستخدم في نقل الموقع ثلاثي الأبعاد للزرعة وإنما تعمل كجسر بصري يساعد في أخذ طبعة النسج الرخوة المقابلة له بدقة، الأمر الذي ينعكس على ضبط المسافة بين الزرعتين بشكل صحيح.

حُفظت الطبعة الرقمية بصيغتي STL, PLY بعد الانتهاء من معالجتها، بعبارة مبسطة، يمكن القول إن ملف STL ليس سوى "ترجمة لجسم ثلاثي الأبعاد". يقوم ملف STL بترميز الهندسة السطحية للجسم. تُعرِّف هذه الملفات

الأسطح الهندسية للأجسام ثلاثية الأبعاد، دون أن توفر تمثيلاً لأي بنية أو لون (Sanda, Miyoshi et al. 2021). حيث أنّ هذا التنسيق متوافق مع معظم برامج معالجة النماذج ثلاثية الأبعاد ويمكن استيراده إليها (Chebib, Kalberer et al. 2019). بينما يتم استخدام تنسيقات ملفات المضلعات (Polygon File Formats – PLY) لتمثيل الشفافية واللون والبنية؛ مما يسهل من إجراءات تعديل الطبعة وتقييمها وإزالة الزوائد (Sanda, Miyoshi et al. 2021).

6-2 مناقشة طريقة قياس الدقة

استخدم برنامج Geomagic Control X والموصى به وفقاً لمعيار المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) رقم 12836 (International Organization of Standardization 2015).

خوارزمية المطابقة المثلى (best fit algorithm) هي واحدة من أكثر التقنيات استخداماً لتقليل الخطأ البشري أثناء إجراءات التراكب للتحقق من الدقة (Amin, Weber et al. 2017, Huang, Liu et al. 2020). عند استخدامها، يتم توليد انحرافات إيجابية وسلبية بين الجسم المرجعي وجسم الاختبار. قد يؤدي ذلك إلى توازن النتائج مع بعضها البعض وعدم تمثيل التباين الحقيقي. تم تقليل عدم الدقة هذا من خلال قياس الانحرافات ثلاثية الأبعاد باستخدام (RMS)، حيث تم حساب قيم الـ RMS لوصف الفروقات الكليّة (Chai and Draxler 2014). بالإضافة إلى ذلك، قد تتأثر نتائج الدقة بنوع الماسح المرجعي المستخدم في عملية التحويل الرقمي (Amin, Weber et al. 2017). في هذه الدراسة، تم استخدام ماسح مخبري من نوع A-IS PRO كجهاز مرجعي، والذي تبلغ دقته < 10 µm. تقع هذه الدقة ضمن نطاق أجهزة المسح المرجعية المستخدمة في دراسات أخرى (3-10 ميكرومتر) (Ender and Mehl 2013, Amin, Weber et al. 2017, Latham, Ludlow et al. 2020).

تتمثل ميزة خوارزمية المطابقة المثلى في قدرتها على حساب الفروقات بين الصور تلقائياً. بالإضافة إلى ذلك، من السهل فهم النتائج بشكل بديهي من خلال رؤية الفروقات بين الصور باستخدام الألوان (Sanda, Miyoshi et al. 2021).

تُعد طريقة الجذر التربيعي لمربع المتوسطات (Root Mean Square – RMS) طريقة رياضية معيارية تُستخدم لقياس درجة التشابه بين نقطتين ثلاثيتي الأبعاد، مما يحدد مقدار الاختلاف بين مجموعتين مختلفتين من البيانات عن الصفر (Andriessen, Rijkens et al. 2014). ونتيجة لذلك، فإن قيمة RMS المنخفضة تشير إلى درجة عالية من التطابق ثلاثي الأبعاد للبيانات المتراكبة (Schaefer, Watts et al. 2012).

3. مناقشة النتائج

3-1 مناقشة دقة الطبعات الرقمية المختلفة على مستوى الزرعتين

طالما أن الطبعة التقليدية هي أفضل مرجع متاح لنا في هذه الدراسة السريرية، فقد تم قياس انحراف موقع الزرعات بالطبعة الرقمية عن موقع الزرعات في الطبعة التقليدية المرجعية.

استناداً إلى الإرشادات السريرية ذات الأساس الميكانيكي الحيوي، إنَّ الحد الأقصى للحركة الجانبية للزرعة في العظم هو 50 µm، فقد تم افتراض التالي: قد يكون الحد الأقصى لتحمّل العظم البيولوجي الناتج عن سوء انطباق الهيكل الداعم مساوياً لأقصى حركة جانبية لزرعة مفردة في العظم، وهي 50 µm. يتجاوز الهيكل الداعم المتصل بزرعتين سنيتين التحمّل البيولوجي للزرعتين عندما يكون سوء الانطباق الأفقي أكبر من 100 µm. لذلك، بالنسبة للزرعات السنية، لا يجب أن يتجاوز سوء انطباق وصلة العارضة لزرعتين 2 X 50 µm، مما يعطي فرضية 100 µm (Andriessen, Rijkens et al. 2014).

تشير النتائج إلى أن المتوسط الحسابي لقيم RMS للزرعات كان أقل من 100 µm لجميع التقنيات، مما يدل على أن جميع التقنيات الرقمية المختلفة قابلة للتطبيق السريري نسبةً إلى الطبعة التقليدية.

_عند تحديد القيمة الأعلى و الأدنى لـ RMS Implant لدى كل مريض وجدنا التالي:

- ✓ كانت طبعة Acr الأدق بين التقنيات الأربعة لدى 6 مرضى بينما لم تكن الأسوأ لدى أي مريض.
- ✓ كانت طبعة Comp الأدق لدى 3 مرضى بينما كانت الأسوأ لدى مريض واحد.
- ✓ كانت طبعة PIP الأفضل لدى مريض واحد بينما كانت الأسوأ لدى 6 مرضى.
- ✓ كانت طبعة Tra الأسوأ لدى 3 مرضى بينما لم تكن الأفضل لدى أي مريض.

حسب المعطيات التالية يتبين لنا ظاهرياً:

1- أن إحدى طرق التجبير على الأقل كانت أفضل من الطبعة الرقمية التقليدية بدون التجبير Tra لدى جميع أفراد العينة. حيث أن الطبعة الرقمية التقليدية كانت أفضل من طريقة PIP لدى 6 مرضى من العينة وأفضل من طريقة Comp لدى 3 مرضى، بينما لم تتفوق على طريقة Acr عند جميع المرضى.

2- التقنية الأفضل بين التقنيات المطبقة هي Acr.

بعد التأكد من التوزيع الطبيعي للبيانات والتحقق من شرط التكوّر، تم استخدام اختبار Repeated Measures Anova لأنه يقارن تأثير الطرق المختلفة على نفس أفراد العينة.

كانت النتيجة بوجود فروقات ذات دلالة إحصائية بين المجموعات الأربعة حيث أن Pvalue=0.001<0.05.

بعدها أُجريت المقارنات الثنائية بين مجموعات الاختبار حيث وُجدت فروق ذات دلالة إحصائية بين كل من:

Acr vs Tra Pvalue=0.006<0.05، Acr أدق لأن قيمة المتوسط الحسابي لـ RMS لديها أقل من Tra.

Acr vs PIP Pvalue=0.032<0.05، Acr أدق لأن قيمة المتوسط الحسابي لـ RMS لديها أقل من PIP.

بينما لم نجد فروق ذات دلالة إحصائية بين باقي الثنائيات وبالتالي نستنتج ما يلي:

1–التقنية الأكثر دقة هي التقنية Acr بمتوسط حسابي لـ RMS (50.31 µm) . حيث بدت المعالم ذات الشكل السني، التي تخلق حدوداً غير متناظرة وتساعد في التعرف والتوجيه أثناء عملية ربط الصور (stitching)، أنها العلامات المرجعية المُثلى.

2–التقنيات الأقل دقة هما Tra و PIP ولا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بينهما. حيث لا يُنصح باستخدام المعجون الكاشف للضغط في مثل هذه الحالات.

3–التقنية متوسطة الدقة هي التقنية Comp بمتوسط حسابي لـ RMS (62.1 µm)، ولكن هذه التقنية لا تظهر فروقات ذات دلالة إحصائية مع كل من التقنيات الأخرى باختبارات المقارنة الثنائية. بدت هذه التقنية قابلة للتطبيق السريري وبدقة مقبولة، حيث أن هذه الطريقة سهلة التطبيق وجميع موادها متوفرة بشكل اعتيادي في العيادات السنية.

مناقشة الدراسات السابقة:

لا يمكن مقارنة نتائج الدراسات السابقة بشكل مباشر مع نتائج هذه الدراسة، نظراً لاختلاف المنهجيات وتصميم الدراسات بشكل جوهري.

– اختلفنا مع (Andriessen, Rijkens et al. 2014) الذي وجد أن الطبعات الرقمية في حالات الجهاز الفوقي المثبت بزرعتين غير ناجحة، ويُعزى هذا الاختلاف إلى الإصدار القديم للماسح الفموي المستخدم في دراسة Andriessen مقارنةً بالماسح الفموي المستخدم في الدراسة الحالية (Cameo Elegant 3, 2023).

– اختلفنا مع (Mizumoto, Yilmaz et al. 2020) الذين تبيّن معهم أن تجبير نواقل المسح باستخدام الخيط أدى إلى ازدياد واضح في انحراف المسافة كما لم تحسن تقنيات المسح مع تعديلات السطح المختلفة من دقة المسح، ويعزى ذلك إلى أن خيط الأسنان كان رفيعاً ولامعاً وعلى اتصال مباشر مع منطقة الجسم لناقل المسح، مما قد يتداخل مع قدرة الماسح الفموي على رقمنة سطح ناقل المسح، وأن العلامات الزجاجية كانت شفافة، وبالتالي لم يتمكن الماسح الضوئي من تسجيل أي منهما.

– اتفقنا جزئياً مع دراسة كل من Tallarico و Retana و Kanjanasavitre و Huang في أن تجبير نواقل المسح له دور إيجابي في تحسين دقة طبعات الزرع الرقمية. وذلك لاختلاف طرق التجبير المستخدمة حيث أن هذه الدراسات مخبرية ولم تحدد تأثير البيئة الفموية على دقة الماسح الفموي.

_ اختلفنا مع دراسة (Azevedo, Marques et al. 2024) الذي وجد أن التجبير لم يؤثر على صحة الطبعات الرقمية حيث لم تُلاحظ فروق ذات دلالة إحصائية بين تقنيات المسح المختلفة، وربما يعود ذلك إلى تقارب الزرعات، حيث قد لا يكون لتجبير نواقل المسح تأثير كبير على دقة المسح في المسافات الصغيرة. أيضاً يعزى ذلك لاختلاف بيئة الدراسة والنموذج المرجعي الذي تمت المقارنة معه.

3-2 مناقشة دقة الطبعات الرقمية المختلفة على مستوى الدرد الكامل

طالما أن الطبعة التقليدية هي أفضل مرجع متاح لنا في هذه الدراسة السريرية، فقد تم قياس اختلاف القوس السنخية في الطبعة الرقمية عن القوس السنخية في الطبعة التقليدية المرجعية.

حتى الآن، لم يتم تحديد الدقة المقبولة سريرياً للطبعات الرقمية لتصنيع الأجهزة الكاملة، حيث أنّ قيم العتبة المقبولة سريرياً تختلف باختلاف الدراسات (300 و 500 µm). (CA, JH et al. 2019, Jung, Park et al. 2019, Zhongpeng, Tianmin et al. 2019, Hack, Liberman et al. 2020)

حتى أنه في الممارسة السريرية تعتبر الأخطاء الأكثر من 500 µm عاليةً جداً لتصنيع التعويضات المتحركة.

يتراوح مقدار إزاحة أو انضغاطية النسج الرخوة الداعمة بين (500–2000 µm) (Müller, Schaller et al. 2000). حيث يمكن أخذ مقدار إزاحة الغشاء المخاطي الناجم عن انغراس قاعدة التعويض كمؤشر على نطاق التفاوتات المسموحة لدقة الطبعة.

تشير النتائج إلى أن المتوسط الحسابي لقيم RMS لطبعات الأقواس في جميع التقنيات كان أكبر من 500 µm مما يدل على أن الطبعات الرقمية غير منطبقة بدقة على الطبعة التقليدية، وبالتالي يبقى نجاح الطبعة الرقمية في الفك السفلي الأدرد موضع شك.

ويعزى هذا التباين إلى اختلاف تقنية كل طبعة ومقدار الضغط المطبَّق على النسج، حيث تعتبر الطبعة التقليدية المرجعية طبعة ذات ضغط انتقائي بينما تعتبر الطبعة الرقمية طبعة ساكنة لا تطبق أي ضغط على النسج. وبالتالي كلما زادت انضغاطية النسج كلما زاد الاختلاف بين الطبعتين.

نستنتج أن تقنيات المسح المختلفة لا تؤثر على طبعة الدرد الكامل لأن الجبيرة تؤمن نقاط مرجعية ثابتة فقط في المسافة بين الزرعتين، والتي لا تمثل إلا جزء بسيط من الارتفاع السنخي.

وجدنا من خلال الممارسة السريرية والتقييم البصري للخريطة اللونية:

– من الصعب مسح الحدود اللسانية للجهاز، ونتيجة لذلك، هناك حاجة لطبعة حواف باستخدام قاعدة الجهاز التجريبية، ومع ذلك، تحتاج طبعة التبطين وقت أقل من الحصول على طبعة تقليدية باستخدام الطابع الإفرادي.

– يعد مسح الفك السفلي الأدرد أمراً مثيراً للجدل بسبب صعوبة الحصول على مسحات دقيقة للحركات الوظيفية للنسج الرخوة، حيث أن خبرة الطبيب وتعاون المريض من العوامل الحاسمة في تحديد الامتداد الصحيح لحواف الجهاز.

– أظهر التقييم البصري انحرافاً كبيراً بشكل رئيسي في منطقة الختم المحيطي والمناطق تحت اللسانية والميزاب الوظيفي. ويعود هذا التباين بسبب الاختلاف في طبيعة الطبعة التقليدية التي تكون ضاغطة في تلك المناطق وطبيعة الطبعة الرقمية الساكنة، فضلاً عن الاحتمال الكبير لحدوث تراكب في الطبعة الرقمية نتيجة عدم قدرتها على تسجيل الحركة الوظيفية للنسج المتحركة وصعوبة وصول رأس الماسح الفموي إلى المنطقة اللسانية الخلفية.

الباب الخامس:

الاستنتاجات

Conclusions

ضمن حدود هذه الدراسة نستنتج ما يلي:

1- أعطت جميع تقنيات المسح الرقمية دقة مقبولة بالنسبة لموقع الزرعتين في الفك السفلي الأدرد.

2- التجبير باستخدام الأسنان الاصطناعية الإكريلية هو أفضل طريقة لتسجيل موقع الزرعتين وبفرق دال احصائياً. بينما إضافة علامات مرجعية من المعجون الكاشف للضغط لم تقدم أي فائدة.

3- أبدت الطبعة الرقمية دقة منخفضة على مستوى طبعة الدرد الكامل السفلي، كما أن طرق التجبير المختلفة لم تحسن من دقة هذه المناطق في الطبعة.

الباب السادس:

المقترحات والتوصيات

Suggestions and

Recommendations

- **ضمن حدود نتائج هذه الدراسة نوصي بما يلي:**

1- استخدام الطبعات الرقمية كبديل ناجح عن الطبعة التقليدية لأخذ طبعة الزرعتين في الفك السفلي الأدرد.

2- استخدام طريقة التجبير بالأسنان الاصطناعية الإكريلية في الطبعة الرقمية عند الحاجة لوصل الزرعتين في التعويض كما في وصلة العارضة.

3- في حال استخدام سير العمل الرقمي، نوصي بعملية تبطين أثناء مرحلة التجربة السريرية لحل مشاكل الانطباق وامتداد الحواف.

- **ضمن حدود هذه الدراسة نقترح ما يلي:**

1- إجراء دراسة سريرية لفحص انطباق التعويض الناتج عن كل طبعة رقمية ومقارنتها مع التعويض الناتج عن الطبعة التقليدية على مستوى الزرعتين والنسج الرخوة مع فترات متابعة.

2- إجراء دراسة سريرية مشابهة مع حجم عينة أكبر واستخدام ماسح فموي أحدث.

3- إجراء دراسة سريرية مع عدد أكبر من الزرعات مع تحري تأثير المسافة والزاوية بينهما على دقة التقنيات المختلفة.

4- إجراء دراسة سريرية مشابهة مع استخدام نواقل مسح ذات امتدادات جانبية مصنوعة من مواد مختلفة.

الباب السابع:

المراجع

References

(A)

1) Al Quran, F. A., B. A. Rashdan, A. A. Abu Zomar and S. Weiner (2012). "*Passive fit and accuracy of three dental implant impression techniques*." **Quintessence International** **43**(2).
2) Alikhasi, M., S. H. Bassir and R. B. Naini (2013). "*Effect of multiple use of impression copings on the accuracy of implant transfer*." **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants** **28**(2).
3) Alikhasi, M., H. Siadat, A. Monzavi and F. Momen-Heravi (2011). "*Three-dimensional accuracy of implant and abutment level impression techniques: Effect on marginal discrepancy*." **Journal of Oral Implantology** **37**(6): 649-657.
4) Alikhasi, M., H. Siadat and S. Rahimian (2015). "*The effect of implant angulation on the transfer accuracy of external-connection implants.*" **Clinical implant dentistry and related research** **17**(4): 822-829.
5) AlRumaih, H. S. (2021). "*Clinical applications of intraoral scanning in removable prosthodontics: a literature review*." **Journal of Prosthodontics** **30**(9): 747-762.
6) Alsharbaty, M. H. M., M. Alikhasi, S. Zarrati and A. R. Shamshiri (2019). "*A clinical comparative study of 3-dimensional accuracy between digital and conventional implant impression techniques*." **Journal of Prosthodontics** **28**(4): e902-e908.
7) Amin, S., H. P. Weber, M. Finkelman, K. El Rafie, Y. Kudara and P. Papaspyridakos (2017). "*Digital vs. conventional full-arch implant impressions: A comparative study*." **Clinical oral implants research** **28**(11): 1360-1367.
8) Andriessen, F. S., D. R. Rijkens, W. J. Van Der Meer and D. W. Wismeijer (2014). "*Applicability and accuracy of an intraoral scanner for scanning multiple implants in edentulous mandibles: a pilot study*." **The Journal of Prosthetic Dentistry** **111**(3): 186-194.
9) Anusavice, K. J., C. Shen and H. R. Rawls (2012). *Phillips' science of dental materials*, **Elsevier Health Sciences.**
10) Arcuri, L., A. Pozzi, F. Lio, E. Rompen, W. Zechner and A. Nardi (2020). "*Influence of implant scanbody material, position and operator on the accuracy of digital impression for complete-arch: A randomized in vitro trial*." **Journal of prosthodontic research** **64**(2): 128-136.

11) Azevedo, L., T. Marques, D. Karasan, V. Fehmer, I. Sailer, A. Correia and M. Gómez-Polo (2024). "*Effect of splinting scan bodies on the trueness of complete arch digital implant scans with 5 different intraoral scanners.*" **The Journal of Prosthetic Dentistry** **132**(1): 204-210.

(B)

12) Baig, M. R. (2014). "*Accuracy of impressions of multiple implants in the edentulous arch: a systematic review*." **Int J Oral Maxillofac Implants** **29**(4): 869-880.

13) Barrett, M. G., W. G. de Rijk and J. O. Burgess (1993). "*The accuracy of six impression techniques for osseointegrated implants*." **Journal of Prosthodontics** **2**(2): 75-82.

14) Beuer, F., J. Schweiger and D. Edelhoff (2008). "*Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations*." **British dental journal** **204**(9): 505-511.

15) Birnbaum, N. S., H. B. Aaronson, C. Stevens and B. Cohen (2009). "*3D digital scanners: a high-tech approach to more accurate dental impressions*." **Inside Dentistry** **5**(4): 70-74.

16) Bosniac, P., P. Rehmann and B .Wöstmann (2019). "*Comparison of an indirect impression scanning system and two direct intraoral scanning systems in vivo*." **Clinical oral investigations** **23**: 2421-2427.

17) Burawi, G., F. Houston, D. Byrne and N. Claffey (1997). "*A comparison of the dimensional accuracy of the splinted and unsplinted impression techniques for the Bone-Lock implant system.*" **The Journal of prosthetic dentistry** **77**(1): 68-75.

(C)

18) CA, O., W. JH and K. AJ (2019). "*Full arch precision of six intraoral scanners in vitro*." **journal of prosthodontic research** **64**(1): 6-11.

19) Cabral, L. M. and C. G. Guedes (2007). "*Comparative analysis of 4 impression techniques for implants.*" **Implant dentistry** **16**(2): 187-194.

20) Carr, A. B. (1991). "*A Comparison of Impression Techniques for a Five-Implant Mandibular Model.*" **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants** **6**.(4)

21) Carr, A. B. and D. T. Brown (2010). **McCracken's removable partial prosthodontics-e-book,** Elsevier Health Sciences.

22) Chai, T. and R. R. Draxler (2014). "*Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?–Arguments against avoiding RMSE in the literature*." **Geoscientific model development** **7**(3): 1247-1250.

23) Chang, T., Y. J. Zhao, S. Yu Chun, M. Di Heng, X. Qiu Fei and S. X. Pan (2020). "*Accuracy of Intraoral Scanning of Edentulous Jaws with and without Resin Markers.*" **Chinese Journal of Dental Research** **23**.(4)

24) Chang, W.-G., F. Vahidi, K.-H. Bae and B.-S. Lim (2012). "*Accuracy of three implant impression techniques with different impression materials and stones*." **International Journal of Prosthodontics** **25**.(1)

25) Chebib, N., N. Kalberer, M. Srinivasan, S. Maniewicz, T. Perneger and F. Müller (2019). "*Edentulous jaw impression techniques: An in vivo comparison of trueness*." **The Journal of prosthetic dentistry** **121**(4): 623-630.

26) Conrad, H. J ,.I. J. Pesun, R. DeLong and J. S. Hodges (2007). "*Accuracy of two impression techniques with angulated implants.*" **The Journal of prosthetic dentistry** **97**(6): 349-356.

(D)

27) Daou, E. E. (2010). "*The elastomers for complete denture impression: A review of the literature.*" **The Saudi dental journal** **22**(4): 153-160.

28) de Faria, J. C. B., L. R. Silva-Concílio, A. C. C. Neves, M. E. Miranda and M. L. Teixeira (2011). "*Evaluation of the accuracy of different transfer impression techniques for multiple implants*." **Braz Oral Res** **25**(2): 163-167.

29) Del'Acqua, M. A., A. M. Chávez, S. M. Castanharo, M. A. Compagnoni and F. de Assis Mollo Jr (2010). "*The effect of splint material rigidity in implant impression techniques.*" **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants** **25**.(6)

30) Del Corso, M., G. Abà, L. Vazquez, J. Dargaud and D. M. D. Ehrenfest (2009). "*Optical three-dimensional scanning acquisition of the position of osseointegrated implants: an in vitro study to determine method accuracy and operational feasibility*." **Clinical implant dentistry and related research** **11**(3): 214-221.

(E)

31) Ender, A. and A. Mehl (2013). "*Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision*." **The Journal of prosthetic dentistry** **109**(2): 121-128.

32) Ender, A. and A .Mehl (2014). "*Accuracy in dental medicine, a new way to measure trueness and precision.*" **Journal of visualized experiments: JoVE(86)**: 51374.

33) Ercoli, C., A. Geminiani, C. Feng and H. Lee (2012). "*The influence of verification jig on framework fit for nonsegmented fixed implant-supported complete denture*." **Clinical implant dentistry and related research** **14**: e188-e195.

(F)

34) Faria, J. C. B. d., A. C. C. Neves, M. E. Miranda and M. L. Teixeira (2011). "*Evaluation of the accuracy of different transfer impression techniques for multiple implants*." **Brazilian Oral Research** **25**: 163-167.

35) Feine, J. (2002). "*The McGill consensus statement on overdentures.*" **Int. J. Prosthodont.** **15**: 413-414.

36) Flügge, T., W. J. van der Meer, B. G. Gonzalez, K. Vach, D. Wismeijer and P. Wang *"*.(2018)*The accuracy of different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis*." **Clinical oral implants research** **29**: 374-392.

37) Flügge, T. V., W. Att, M. C. Metzger and K. Nelson (2016). "*Precision of Dental Implant Digitization Using Intraoral Scanners.*" **The International journal of prosthodontics** **29**(3): 277-283.

38) Flügge, T. V., S. Schlager, K. Nelson, S. Nahles and M. C. Metzger (2013). "*Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner.*" **American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics** **144**(3): 471-478.

39) Fueki, K., K. Kimoto, T. Ogawa and N. R. Garrett (2007). "*Effect of implant-supported or retained dentures on masticatory performance: a systematic review*." **The Journal of prosthetic dentistry** **98**(6): 470-477.

40) Fuster Torres, M., S. Albalat Estela, M. Alcañiz Raya and M. Peñarrocha Diago (2009). "*CAD/CAM dental systems in implant dentistry: update*".

(G)

41) Gedrimiene, A ,.R. Adaskevicius and V. Rutkunas (2019). "*Accuracy of digital and conventional dental implant impressions for fixed partial dentures: A comparative clinical study*." **The journal of advanced prosthodontics** **11**(5): 271-279.

42) Gimenez-Gonzalez, B., B. Hassan, M .Özcan and G. Pradíes (2017). "*An in vitro study of factors influencing the performance of digital intraoral impressions operating on active wavefront sampling technology with multiple implants in the edentulous maxilla*." **Journal of Prosthodontics** **26**.655-650 :(8)

43) Gómez-Polo, M., W. Piedra-Cascón, M. M. Methani, N. Quesada-Olmo, M. Farjas-Abadia and M. Revilla-León (2021). "*Influence of rescanning mesh holes and stitching procedures on the complete-arch scanning accuracy of an intraoral scanner: An in vitro study*." **Journal of dentistry** **110**: 103690.

44) Gómez-Polo, M., A. Sallorenzo, R. Cascos, J. Ballesteros, A. B. Barmak and M. Revilla-León (2024). "*Conventional and digital complete arch implant impression techniques: An in vitro study comparing accuracy*." **The Journal of Prosthetic Dentistry** **132**(4): 809-818.

45) Güth, J.-F., C. Keul, M. Stimmelmayr, F. Beuer and D. Edelhoff (2013). "*Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing.*" **Clinical oral investigations** **17**: 1201-1208.

(H)

46) Hack, G., L .Liberman, K. Vach, J. P. Tchorz, R. J. Kohal and S. B. Patzelt (2020). "*Computerized optical impression making of edentulous jaws–An in vivo feasibility study.*" **Journal of prosthodontic research** **64**(4): 444-453.

47) Hariharan, R., C. Shankar, M. Rajan and N .Azhagarasan (2010). "*Evaluation of accuracy of multiple dental implant impressions using various splinting materials*." **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants** **25**.(1)

48) Herbst, D., J. Nel, C. Driessen and P. Becker (2000). "*Evaluation of impression accuracy for osseointegrated implant supported superstructures.*" **The Journal of prosthetic dentistry** **83**(5): 555-561.

49) Hickel, R., et al. (2023). *From intraoral scanners to smart digital workflows: Advances and challenges in restorative dentistry*. **Journal of Dentistry**, **130**, 104541. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104541

50) Hsu, C.-C., P. L. Millstein and R. S. Stein (1993). "*A comparative analysis of the accuracy of implant transfer techniques*." **The Journal of prosthetic dentistry** **69**(6): 588-593.

51) Huang, R., Y. Liu, B. Huang, C. Zhang, Z. Chen and Z. Li (2020). "*Improved scanning accuracy with newly designed scan bodies: An in vitro study comparing digital versus conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation*." **Clinical Oral Implants Research** **31**(7): 625-633.

52) Huang, R., Y. Liu, B. Huang, F. Zhou, Z. Chen and Z. Li (2021). "*Improved accuracy of digital implant impressions with newly designed scan bodies: an in vivo evaluation in beagle dogs.*" **BMC Oral Health** **21**(1): 623.

(I)

53) Imburgia, M., S. Logozzo, U. Hauschild, G. Veronesi, C. Mangano and F. G. Mangano (2017). "*Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study.*" **BMC oral health** **17**: 1-13.

54) International Organization of Standardization, I. (2015). "*Dentistry-Digitizing devices for CAD/CAM systems for indirect dental restorations-Test methods for assessing accuracy*".

55) Iturrate, M., H. Eguiraun, O. Etxaniz and E. Solaberrieta (2019). "*Accuracy analysis of complete-arch digital scans in edentulous arches when using an auxiliary geometric device*." **The Journal of prosthetic dentistry** **121**(3): 447-454.

(J)

56) Jemt, T. and K. Book (1996). "*Prosthesis misfit and marginal bone loss in edentulous implant patients* **".International Journal of Oral & Maxillofacial Implants** **11**.(5)

57) Jemt, T., J. E. Rubenstein, L. Carlsson and B. R. Lang (1996). "*Measuring fit at the implant prosthodontic interface.*" **The Journal of prosthetic dentistry** **75**(3): 314-325.

58) Jm, P. (2006). "*Craig's restorative dental materials.*" **Mechanical properties**: 51-96.

59) Joda, T., J. Katsoulis and U. Brägger (2016). "*Clinical fitting and adjustment time for implant-supported crowns comparing digital and conventional workflows.*" **Clinical implant dentistry and related research** **18**(5): 946-954.

60) Jung, S., C. Park, H.-S. Yang, H.-P. Lim, K.-D. Yun, Z. Ying and S.-W. Park (2019). "*Comparison of different impression techniques for edentulous jaws using three-dimensional analysis.*" **The journal of advanced prosthodontics** **11**(3): 179.

(K)

61) Kanjanasavitree, P., P. Thammajaruk and M. Guazzato (2022). "*Comparison of different artificial landmarks and scanning patterns on the complete-arch implant intraoral digital scans*." **Journal of Dentistry** **125**: 104266.

62) Karabuda, C., M. Yaltrk and M. Bayraktar (2008). "*A clinical comparison of prosthetic complications of implant-supported overdentures with different attachment systems.*" **Implant dentistry** **17**(1): 74-81.

63) Karl, M., F. Graef, P. Schubinski and T. Taylor (2012). "*Effect of intraoral scanning on the passivity of fit of implant-supported fixed dental prostheses*." **Quintessence international** **43**.(7)

64) Keeling, A., Wu, J., & Ferrari, M. (2021). *Intraoral scanners: a review of current technology and clinical applications*. **Clinical Oral Investigations**, **25**(9), 5561–5573. https://doi.org/10.1007/s00784-021-03989-1

65) Kim, J.-E., A. Amelya, Y. Shin and J.-S. Shim (2017). "*Accuracy of intraoral digital impressions using an artificial landmark*." **The Journal of prosthetic dentistry** **117**(6): 755-761.

66) Kim, J., J.-M. Park, M. Kim, S.-J. Heo, I. H. Shin and M. Kim (2016). "*Comparison of experience curves between two 3-dimensional intraoral scanners.*" **The Journal of prosthetic dentistry** **116**(2): 221-230.

67) Kim, S., J .I. Nicholls, C.-H. Han and K.-W. Lee (2006). "*Displacement of implant components from impressions to definitive casts.*" **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants** **21**.(5)

(L)

68) Latham, J., M. Ludlow, A. Mennito, A. Kelly, Z. Evans and W. Renne (202*".(0Effect of scan pattern on complete-arch scans with 4 digital scanners.*" **The Journal of prosthetic dentistry** **123**(1): 85-95.

69) Lee, H., J. S. So, J. Hochstedler and C. Ercoli (2008). "*The accuracy of implant impressions: a systematic review.*" **The Journal of prosthetic dentistry** **100**(4): 285-291.

70) Lee, W.-S., W.-C. Kim, H.-Y. Kim, W.-T. Kim and J.-H. Kim (2014). "*Evaluation of different approaches for using a laser scanner in digitization of dental impressions*." **The journal of advanced prosthodontics** **6**.29-22 :(1)

71) Lee, Y.-J., S.-J. Heo, J.-Y. Koak and S.-K. Kim (2009). "*Accuracy of different impression techniques for internal-connection implants*." **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants** **24**.(5)

72) Lim, J.-H., J.-M. Park, M. Kim, S.-J. Heo and J.-Y .Myung (2018). "*Comparison of digital intraoral scanner reproducibility and image trueness considering repetitive experience.*" **The Journal of prosthetic dentistry** **119**(2): 225-232.

73) Logozzo, S., E. M. Zanetti, G. Franceschini, A. Kilpelä and A. Mäkynen (20 .(14 "*Recent advances in dental optics–Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry.*" **Optics and lasers in engineering** **54**: 203-221.

74) Lu, D., P. Mausel, E. Brondizio and E. Moran (2004). "*Change detection techniques*." **International journal of remote sensing** **25**(12): 2365-2401.

75) Lyu, M., P. Di, Y. Lin and X. Jiang (2022). "*Accuracy of impressions for multiple implants: A comparative study of digital and conventional techniques*." **The Journal of Prosthetic Dentistry** **128**(5): 1017-1023.

(M)

76) Ma, B., X. Yue ,Y. Sun, L. Peng and W. Geng (2021). "*Accuracy of photogrammetry, intraoral scanning, and conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation: an in vitro comparative study*." **BMC Oral Health** **21**: 1-9.

77) Mangano, F., A. Gandolfi, G. Luongo and S. Logozzo (2017). *"Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature*." **BMC oral health 17**: 1-11.

78) Marques, S., P. Ribeiro, C. Falcão, B. F. Lemos, B. Ríos-Carrasco, J. V. Ríos-Santos and M. Herrero-Climent (2021). "*Digital impressions in implant dentistry: a literature review*." **International journal of environmental research and public health 18**(3): 1020.

79) Masri, R. and C. F. Driscoll (2015). **Clinical applications of digital dental technology**, Wiley Online Library.

80) Masri, R. and C .F. Driscoll (2023). **Clinical Applications of Digital Dental Technology**, John Wiley & Sons.

81) McCord, J. and A. Grant (2000). "*Impression making*." **British dental journal 188**(9): 484-492.

82) Misch, C. E. (2004). **Dental implant prosthetics-E-book**, Elsevier Health Sciences.

83) Mizumoto, R. M. and B. Yilmaz (2018). "*Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review.*" **The Journal of prosthetic dentistry 120**(3): 343-352.

84) Mizumoto, R. M., B. Yilmaz, E. A. McGlumphy Jr, J. Seidt and W. M. Johnston " .(2020)*Accuracy of different digital scanning techniques and scan bodies for complete-arch implant-supported prostheses*." **The Journal of prosthetic dentistry 123**(1): 96-104.

85) Moreno, A., B. Giménez, M. Özcan and G. Pradíes (2013). "*A clinical protocol for intraoral digital impression of screw-retained CAD/CAM framework on multiple implants based on wavefront sampling technology.*" **Implant dentistry 22**(4): 320-325.

86) Mörmann, W., M. Brandestini and F. Lutz (1987). "*The Cerec system: computer-assisted preparation of direct ceramic inlays in 1 setting*." **Die Quintessenz 38**(3): 457-470.

87) Müller, H. P., N. Schaller, T. Eger and A. Heinecke (2000). "*Thickness of masticatory mucosa.*" **Journal of clinical periodontology 27**(6): 431-436.

(N)

88) Nagy, Z., B. Simon, A. Mennito, Z. Evans ,W. Renne and J. Vág (2020). "*Comparing the trueness of seven intraoral scanners and a physical impression on dentate human maxilla by a novel method.*" **BMC Oral Health 20**(1): 97.

89) Nakhaei, M., A. S. Madani, A. Moraditalab and H. R. Haghi (2015). "*Three-dimensional accuracy of different impression techniques for dental implants.*" **Dental research journal 12(5): 431.**

(O)

90) O'Brien, W. J. (2002). **Dental materials and their selection**, Quintessence Chicago.

91) Örtorp, A., T. Jemt and T. Bäck (2005). "*Photogrammetry and conventional impressions for recording implant positions: a comparative laboratory study*." **Clinical implant dentistry and related research** **7**(1): 43-50.

(P)

92) Papaspyridakos, P., G. I. Benic, V. L. Hogsett, G. S. White, K. Lal and G. O. Gallucci (2012). "*Accuracy of implant casts generated with splinted and non-splinted impression techniques for edentulous patients: an optical scanning study*." **Clinical oral implants research** **23**(6): 676-681.

93) Papaspyridakos, P., C.-J. Chen, G. O. Gallucci, A. Doukoudakis, H.-P. Weber and V. Chronopoulos (2014). "*Accuracy of implant impressions for partially and completely edentulous patients: a systematic review.*" **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants** **29**.(4)

94) Patil, N., AlKahtani, A., & Alharthi, M. (2022). *Artificial intelligence in dentistry: A systematic review of current applications and future perspectives.* **Journal of Dentistry, 122**, 104190. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104190

95) Patzelt, S. B., S. Vonau, S. Stampf and W. Att" .(2013) *Assessing the feasibility and accuracy of digitizing edentulous jaws.*" **The Journal of the American Dental Association** **144**(8): 914-920.

96) Peñarrocha-Oltra, D., R. Agustín-Panadero, L. Bagán, B. Giménez and M. Peñarrocha (2014). "*Impression of multiple implants using photogrammetry: description of technique and case presentation.*" **Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal** **19**(4): e366.

97) Prithviraj, D., M. Pujari, P. Garg and D. Shruthi (2011). "*Accuracy of the implant impression obtained from different impression materials and techniques*." **J Clin Exp Dent** **3**(2): e106-e111.

98) Punj, A., D. Bompolaki and J. Garaicoa (2017). "*Dental impression materials and techniques.*" **Dental Clinics** **61**(4): 779-796.

(R)

99) Ramiro, G. P., B. Hassan, A. F. Navarro, C. A. Coronel, A. R. G .Cortes, O. H. P. Baptista and N. R. M. Zambrana (2019). "*Digitalization in restorative dentistry*." **Digital Restorative Dentistry: A Guide to Materials, Equipment, and Clinical Procedures**: 7-39.

100) Retana, L., A. H. Nejat and A. Pozzi (2023). "*Effect of splinting scan bodies on trueness of complete-arch implant impression using different intraoral scanners: an in vitro study*." **International Journal of Computerized Dentistry** **26**.(1)

101) Revilla-León, M., W. Att, M. Özcan and J. Rubenstein (2021). "*Comparison of conventional, photogrammetry, and intraoral scanning accuracy of complete-arch implant impression procedures evaluated with a coordinate measuring machine*." **The Journal of prosthetic dentistry** **125**(3): 470-478.

102) Rhee, Y.-K., Y.-H. Huh, L.-R. Cho and C.-J. Park (2015). "*Comparison of intraoral scanning and conventional impression techniques using 3-dimensional superimposition*." **The journal of advanced prosthodontics** **7**(6): 460.

103) Ring, M. E. (2001). "*How a dentist's name became a synonym for a life-saving device : the story of Dr. Charles Stent*." **Journal of the History of Dentistry** **49**(2): 77-80.

104) Russo, L. L., G. Caradonna, G. Troiano, A. Salamini, L. Guida and D. Ciavarella (2020). "*Three-dimensional differences between intraoral scans and conventional impressions of edentulous jaws: A clinical study*." **The Journal of prosthetic dentistry** **123**(2): 264-268.

105) Rutkūnas, V., A. Gečiauskaitė, D. Jegelevičius and M. Vaitiekūnas (2017). "*Accuracy of digital implant impressions with intraoral scanners. A systematic review* **".Eur J Oral Implantol** **10**(Suppl 1): 101-120.

(S)

106) Sahin, S. and M. C. Çehreli (2001). "*The significance of passive framework fit in implant prosthodontics: current status.*" **Implant dentistry** **10**(2): 85-92.

107) Şahin, S., M. C. Cehreli and E. Yalçın (2002). "*The influence of functional forces on the biomechanics of implant-supported prostheses—a review.*" **Journal of dentistry** **30**(7-8): 271-282.

108) Sanda, M., K. Miyoshi and K. Baba (2021). "*Trueness and precision of digital implant impressions by intraoral scanners: a literature review*." **International Journal of Implant Dentistry** **7**: 1-25.

109) Sanda, M., K. Miyoshi and K. Baba (2021). "*Trueness and precision of digital implant impressions by intraoral scanners: a literature review*." I**nternational Journal of Implant Dentistry** **7**(1.97 :(

110) Schaefer, O., D. C. Watts, B. W. Sigusch, H. Kuepper and A. Guentsch (2012). "*Marginal and internal fit of pressed lithium disilicate partial crowns in vitro: a three-*

dimensional analysis of accuracy and reproducibility." **Dental Materials** **28**(3): 32-0 .326

111) Spector, M. R., T. E. Donovan and J. I. Nicholls (1990). "*An evaluation of impression techniques for osseointegrated implants.*" **The Journal of prosthetic dentistry** **63**(4): 444-447.

112) Spiekermann, H. (1995). "*Color atlas of dental medicine.*" **Implantology**: 305-316.

113) Stimmelmayr, M., J.-F. Güth, K. Erdelt, A. Happe, M. Schlee and F. Beuer (2013). "*Clinical study evaluating the discrepancy of two different impression techniques of four implants in an edentulous jaw*." **Clinical oral investigations** **17**: 1929-1.935

114) Suese, K. (2020). "*Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners*." **Dental Materials Journal** **39**(1): 52-56.

(T)

115) Tallarico, M., A. I. Lumbau, R. Scrascia, G. Demelas, F. Sanseverino, R. Amarena and S. M. Meloni (2020). "*Feasibility of using a prosthetic-based impression template to improve the trueness and precision of a complete arch digital impression on four and six implants: an in vitro study.*" **Materials** **13**(16): 3543.

116) Thongthammachat, S., B. K. Moore, M. T. Barco, S. Hovijitra ,D. T. Brown and C. J. Andres (2002). "*Dimensional accuracy of dental casts: influence of tray material, impression material, and time.*" **Journal of Prosthodontics** **11**(2): 98-108.

(V)

117) Van der Meer, W. J., F. S. Andriessen, D. Wismeijer and Y. Ren (2012). "*Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology*".

118) Vigolo, P., F. Fonzi, Z. Majzoub and G. Cordioli (2004). "*An evaluation of impression techniques for multiple internal connection implant prostheses.*" **The Journal of prosthetic dentistry** **92**(5): 470-476.

119) Vigolo, P., A. Givani, Z. Majzoub and G. Cordioli (2004). "*Cemented versus screw-retained implant-supported single-tooth crowns: a 4-year prospective clinical study*." **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants** **19**.(2)

(W)

120) Wadhwa, S. (2024). "*Digital dentistry: an overview and future prospects*." **British Dental Journal** **237**(1): 22-22.

121) Walker, M. P., D. Ries and B. Borello (2008). "*Implant cast accuracy as a function of impression techniques and impression material viscosity* **".International Journal of Oral & Maxillofacial Implants** **23**.(4)

122) Wee, A. G. (2000). "*Comparison of impression materials for direct multi-implant impressions.*" **The Journal of prosthetic dentistry** **83**(3): 323-331.

123) Wee, A. G., S. A. Aquilino and R. L. Schneider" .(1999) *Strategies to achieve fit in implant prosthodontics: a review of the literature.*" **International Journal of Prosthodontics** **12**.(2)

124) Wenz, H.-J., H.-U. Reuter and K. Hertrampf (2008). "*Accuracy of impressions and casts using different implant impression techniques in a multi-implant system with an internal hex connection*." **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants** **23**.(1)

125) Wulfman, C., A. Naveau and C. Rignon-Bret (2020). "*Digital scanning for complete-arch implant-supported restorations :A systematic review*." **The Journal of prosthetic dentistry** **124**(2): 161-167.

(Y)

126) Yilmaz, B., D. Gouveia, V. R. Marques, E. Diker, M. Schimmel and S. Abou-Ayash (2021). "*The accuracy of single implant scans with a healing abutment-scanpeg system compared with the scans of a scanbody and conventional impressions: an in vitro study*." **Journal of dentistry** **110**: 103684.

(Z)

127) Zarone, F., G. Ruggiero, M. Ferrari, F. Mangano, T. Joda and R. Sorrentino (2020). "*Comparison of different intraoral scanning techniques on the completely edentulous maxilla: An in vitro 3-dimensional comparative analysis*." **The Journal of Prosthetic Dentistry** **124**(6): 762. e761-762. e768.

128) Zhang, Y.-J., J.-Y. Shi, S.-J. Qian, S.-C. Qiao and H.-C. Lai (2021). "*Accuracy of full-arch digital implant impressions taken using intraoral scanners and related variables: A systematic review.*" **Int J Oral Implantol (Berl)** **14**(2): 157-179.

129) Zhongpeng, Y., X. Tianmin and J. Ruoping (2019). "*Deviations in palatal region between indirect and direct digital models: an in vivo study*." **BMC Oral Health** **19**(1): 66.

130) Zimmermann, M., A. Mehl, W. Mörmann and S. Reich (2015). "*Intraoral scanning systems-a current overview.*" **International journal of computerized dentistry** **18**(2): 101-129.

المراجع العربية

1) السعدي، مهند، والخياط، محمد هيثم. (2010). **المعجم الشارح لمصطلحات التعويضات السنية**. ط:1. دمشق: الجمهورية العربية السورية. دار القدس للعلوم. ص: 75، 102.

2) الشعراني، إياد، ووزير، غسان. (2018). **التعويضات المتحركة الكاملة (1)**. دمشق: الجمهورية العربية السورية. منشورات جامعة دمشق. ص:432.

3) جغصي، عبد العزيز، والشعراني، إياد. (2015). **تأثير المسافة والتزوي بين غرستين في الفك السفلي على قوة تثبيت وصلات كروية مثبتة لجهاز مغط للغرسات (دراسة مخبرية)**. ماجستير. قسم تعويضات الأسنان المتحركة. كلية طب الأسنان جامعة دمشق. دمشق: الجمهورية العربية السورية. ص: 72.

4) سكري، تسنيم، ومراد، محمد لؤي. (2022). **دراسة مقارنة لدقة الطبعات النهائية للتعويضات فوق الزرع بتقنيتي الطبع التقليدية والرقمية (دراسة مخبرية)**. ماجستير. قسم تعويضات الأسنان الثابتة. كلية طب الأسنان جامعة دمشق. دمشق: الجمهورية العربية السورية. ص: 23، 26–29، 37.

5) غنَّام، محمد يزن، وغريواتي محمد. (2023). **دراسة سريرية مقارنة ثلاثية الأبعاد لدقة طبعة الدرد الكامل بين طبعة بولي إيتر التقليدية والطبعة الرقمية.** ماجستير. قسم تعويضات الأسنان المتحركة. كلية طب الأسنان جامعة حلب. حلب: الجمهورية العربية السورية. ص: 5، 51، 61، 82.

Abstract

The effect of different digital scanning techniques on the accuracy of digital implant impressions for complete mandibular overdentures retained by 2 implants: An in vivo comparetive study

Research Background: The extension of the edentulous area is one of the main obstacles when using digital workflows in dental implantology. The lack of fixed anatomical reference points, such as teeth, leads to image overlap and distortion of the digital impression. The use of implant splinting may assist intraoral scanning techniques and algorithms in better distinguishing the locations of scan markers and compensating for the lack of anatomical landmarks in the edentulous jaw.

Aim of the study: A clinical study to compare four different digital scanning techniques by matching them with the traditional impression of two implants in the edentulous lower jaw and to evaluate the three-dimensional differences for both implants and the complete edentulous impression.

Materials and methods: The study sample consisted of 10 patients with complete lower dentures, with each patient undergoing 5 impressions, resulting in a total of 50 impressions. These were divided into five groups: the control group for the reference digital models of the final plaster casts, designated as (R). The group of digital impressions without any modification to their traditional pathway, designated as (Tra). The group of digital impressions using pressure indicating paste, designated as (PIP). The group of digital impressions utilizing a composite splint, designated as (Comp). The group of digital impressions using an acrylic prosthetic splint, designated as (Acr). The plaster model was scanned and then converted into a digital model using a laboratory scanner, saved in STL format. The 3D analysis software Geomagic Control X was used to evaluate the accuracy among the four test groups, where the mean absolute distance between corresponding points in the point cloud of the two

impressions was calculated using the Root Mean Square (RMS) method. A Repeated Measures ANOVA was conducted, followed by comparisons.

Results: The most accurate technique is the Acr technique, while the less accurate techniques are Tra and PIP, with no statistically significant differences between them. The technique of intermediate accuracy is the Comp technique; however, this technique does not show statistically significant differences with any of the other techniques in pairwise comparison tests. Regarding arch impressions, there are no statistically significant differences between any of the technique pairs, indicating no clear superiority of any technique in the accuracy of full arch impressions based on these results.

Conclusions: Within the limits of this study, we can conclude that the use of splinting scan bodies has improved the quality of the digital impression, which may serve as a substitute for the traditional impression. We also conclude that the splintting technique using conventional artificial teeth is the best method among those tested.

Keywords: dental implants, intraoral scanner, scan body,accuracy, splinting, landmarks, traditional impression, digital impression.

Syrian Arab Republic

Damascus University

Faculty of Dentistry

Department of Removable Prosthodontics

The effect of different digital scanning techniques on the accuracy of digital implant impressions for complete mandibular overdentures retained by 2 implants: An in vivo comparetive study

A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the Master degree in Removable Prosthodontics

By:

Mahmoud Mohammed Ayzouki

Supervisor:

Prof. Eyad Alshaarani

2025