



الجمهورية العربية السورية  
جامعة دمشق  
كلية طب الأسنان  
قسم تعويضات الأسنان المتحركة

دراسة مخبرية مقارنة لانطباق الهيكل المعدني للأجهزة المتحركة  
المصنوع بالطريقة التقليدية، أو المصنوع بطريقة المواد الشمعية  
المُصلبة ضوئياً

## **In vitro comparative study of the fit of metal RPD framework fabricated by traditional technique or light curing modeling material technique**

أطروحة قُدمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الماجستير في تعويضات الأسنان المتحركة

إعداد

محمد طارق عنان

إشراف

الأستاذ الدكتور مهند السعدي

1436هـ / 2015 م

أَعُوذُ بِاللَّهِ مِنَ الشَّيْطَانِ الرَّجِيمِ

﴿ وَاللَّهُ أَخْرَجَكُمْ مِّنْ بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَارَ  
وَالْأَفْئِدَةَ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴾

سورة النحل  
الآية 78

### قرار لجنة الحكم على رسالة الماجستير

الإخوة الزملاء - أخواتي الطلبة

بناءً على قانون تنظيم الجامعات الصادر بالقانون رقم /6/ تاريخ 2006/1/4 وعلى المادة/164/ من اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادر بالمرسوم /250/ تاريخ 2006/7/10 وعلى قرار مجلس التعليم العالي رقم /68/ تاريخ 2006/11/16 وقرار مجلس الجامعة رقم 8/1437 تاريخ 2010/1/15 (المتضمن إجراءات القيد في الدراسات العليا وتشكيل لجان الحكم وإجراءات المناقشة العلنية للرسائل و الأطروحات والدفاع عنها ومنح الدرجات العلمية ) والمادة الأولى من نظام الدراسات العليا لكلية طب الأسنان التي تهدف الى إعداد المختصين في مختلف ميادين طب الأسنان وتأهيل الطلاب وتزويدهم بمستوى عال من المعرفة في مجال اختصاصهم والنهوض والمشاركة بالبحوث العلمية في مجالات طب الأسنان وفي هذه المناسبة نقدم إليكم موضوع رسالة الماجستير للباحث محمد طارق عنان من مواليد دمشق 1972م. حيث تخرج في أكاديمية طب الأسنان في أوسيتا الشمالية- روسيا الاتحادية عام 2003م بتقدير جيد جداً وحصل على دبلوم دراسات العليا عام 2006 بتقدير جيد جداً وسجل موضوع الماجستير في عام 2010م. جامعة دمشق وقضى خمس سنوات في تحضير رسالته وكان خلال فترة دراسته مثالا للطالب النشيط الذي يتابع أموره بكل دقة ومهارة.

((قرار لجنة الحكم))

بناءً على قرار مجلس الشؤون العلمية في جامعة دمشق رقم /3945/ تاريخ 2015/6/15 المتخذ بجلسته رقم /20/ بالموافقة على تأليف لجنة الحكم على

رسالة الماجستير للسيد الباحث محمد طارق عنان وذلك من السادة الأساتذة التالية أسماؤهم:

(مشرفاً)  
(عضواً)  
(عضواً)

- 1- الأستاذ الدكتور مهند السعدي
- 2- المدرس الدكتور جوزيف عساف
- 3- المدرس الدكتور عصام جاموس

وبعد أن تمت مناقشة هذه الأطروحة والاطلاع عليها والدفاع عنها بحضور أساتذة وطلاب الدراسات العليا في كلية طب الأسنان وعدد من المهتمين بالبحث العلمي وذلك في تمام الساعة الحادية عشرة صباحاً من يوم الخميس الواقع في تاريخ 2015/8/20م على مدرج كلية طب الأسنان بجامعة دمشق

((عنوان البحث))

دراسة مخبرية مقارنة لانطباق الهيكل المعدني للأجهزة المتحركة المصنوع بالطريقة التقليدية أو المصنوع بطريقة المواد الشمعية المصلبة ضوئياً

وبعد أن تداولت اللجنة في تقييم الأطروحة والدفاع عنها . فقد قررت اللجنة بالإجماع ما يلي

المجموع (100)	براءة اختراع (5)	نشر البحث (5)	العرض والدفاع (45)	تقييم الأطروحة (45)
92		5	43, 6	43, 6

1- منح السيد الباحث محمد طارق عنان من مواليد دمشق عام 1972م الماجستير في اختصاص تعويضات الأسنان المتحركة بتقدير

جيد جداً..... وعلامة قدرها .....  
تسليمه

2- يرفع هذا القرار إلى المجالس المختصة للمصادقة عليها أصولاً

الأستاذ الدكتور مهند السعدي

المدرس الدكتور جوزيف عساف

المدرس الدكتور عصام جاموس



## ﺗﺼﺮﯨﺢ

" ﻻ ﻳﻮﺟﺪ ﺃﻱ ﺟﺰﺀ ﻣﻦ ﻫﺬﺓ ﺍﻻﻃﺮﻭﺡﺔ ﺗﻢ ﺁﺧﺬﻩ ﺑﺎﻟﻜﺎﻣﻞ ﻣﻦ ﻋﻤﻞ ﺁﺧﺮ ﺃﻭ ﺁﻧﺠﺰ ﻟﻠﺤﺼﻮﻝ  
ﻋﻠﻰ ﺷﻬﺎﺩﺓ ﺁﺧﺮﻯ ﻓﻲ ﻫﺬﺓ ﺍﻟﺠﺎﻣﻌﺔ ﺃﻭ ﻓﻲ ﺁﻳﺔ ﺟﺎﻣﻌﺔ ﺁﺧﺮﻯ ﺃﻭ ﺃﻱ ﻣﻌﻬﺪ ﺗﻌﻠﯿﻤﻲ "

## إهداء Dedication

إلى من كانت { أَقْرَبُ } أولَ ما نَزَلَ عليه من الكلمات  
ليخرجنا بها من الظلمات ويرفعنا بها أعلى الدرجات  
وبه رب الكون ختم الرسالات

نبيِّنا محمَّد بن عبد الله ﷺ

إلى من كانا لي النور قبل أن أبصره  
والحنان قبل أن أحس وأشعره  
وما زالا العون والسعادة والإشراق لقلبي ماضيه وحاضره ومستقبله

والدتي ووالدي الغاليين

إلى من كانت لي دافعاً وسنداً ومعيناً  
إلى من رافقتني رعايتها ودعواتها طوال الطريق

زوجتي رفيقة دربي

إلى من بهم تكتمل سعادتني  
إلى من يرفعني الأمل بهم عالياً فوق القمم

أولادي الأعزاء

# كلمة شكر

## Acknowledgment

بعد شكر الله عزَّ وجلَّ على توفيقِي لإنجاز هذا البحث

لا بدَّ لي من أن أتقدّم بجزيل الشكر والامتنان إلى كل من ساعدني في إتمامه، وأخصّ بالشكر أستاذي الفاضل الأستاذ الدكتور مهند السعدي رئيس قسم تعويضات الأسنان المتحرّكة في كليّة طبّ الأسنان بجامعة دمشق الذي تكرّم بالإشراف على هذا البحث، ومنحني من ثمين وقته وخبرته وجهده فله منِّي كلّ المحبّة والاحترام وخالص الدعوات.

كذلك أتقدّم بالشكر الجزيل إلى الأستاذ الدكتور جوزيف عسّاف المدرّس في قسم التعويضات المتحرّكة في كليّة طبّ الأسنان بجامعة دمشق؛ حيث تفضّل مشكوراً بالحكم على هذه الرسالة وإغنائها بنصائحه، فله منِّي وافر الشكر والتقدير.

كما أتوجّه بالشكر والامتنان إلى الأستاذ الدكتور عصام جاموس المدرّس في قسم تعويضات الأسنان الثابتة في كليّة طبّ الأسنان بجامعة دمشق لتفضّله بقبول المشاركة في تحكيم هذه الأطروحة وبذله الوقت والجهد لتدقيقها وتصويبها فله منِّي عظيم الثناء والاحترام.

ويسعدني أن أتوجّه بخالص الشكر لإدارة كليّة طبّ الأسنان في جامعة دمشق ممثّلةً بالأستاذ الدكتور رزان خطاب عميد كليّة طبّ الأسنان والأستاذ الدكتور إياد الشعراني نائب عميد الكلية للشؤون العلميّة والأستاذ الدكتور ياسر المدلل نائب عميد الكلية للشؤون الإدارية على دعمهم ومتابعتهم لمسيرة البحث العلميّ.

كذلك يدفني العرفان بالجميل لتقديم الشكر إلى جميع الأساتذة الكرام في قسم تعويضات الأسنان المتحرّكة في كليّة طبّ الأسنان بجامعة دمشق، الذين كانوا منهلًا للعلم ونبعًا للمعرفة: الأستاذ الدكتور غسان الوزير والأستاذ الدكتور علاء سلّوم والأستاذ المساعد الدكتور عمّار المصطفى الذين أحاطوني علماً ونصحاً، ولم يبخلوا يوماً في تقديم المعلومات القيمة.

كما أتقدّم بشكري إلى أعضاء الهيئتين التدرّسيّة والتعلّيميّة في كليّة طبّ الأسنان بجامعة دمشق لما لهم من دورٍ كبيرٍ في تطوير سير العملية العلميّة والتعلّيميّة في الكلية.

وأوجه شكري وتقديري لهيئة التحرير في المجلة السعودية لطب الأسنان ممثلة برئيس التحرير الأستاذ الدكتور خالد الوزان على ما قدموه من نصائح وملاحظاتٍ قيمةٍ أثرت البحث وارتقت بمستوى المناقشة العلمية فيه أثناء مراجعة المقالة.

وأنتدّم بالشكر الجزيل للأخوة الزملاء طلاب الدراسات العليا في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق على ما قدموه من دعم ومساعدة في إتمام هذا البحث.

وأنتدّم بالشكر للفريق التقني للسيد حسام الدين الطباع والسيد أحمد كعوش والسيد محمد فرهود. كما أنتدّم بشكر خاص للأستاذ عبد الرحمن نجيب لمساهمته في إنجاز الدراسة الإحصائية لهذا البحث، وللدكتور مروان خاطر والدكتور عبد العزيز خليفة لتفضّلهما بتدقيق الأطروحة لغوياً.

والشكر موصولاً لكلّ من قدّم يد العون في سبيل إتمام هذا البحث.

والله وليّ التّوفيق.

الباحث

# قائمة المحتويات

## Contents

رقم الصفحة	
1	قائمة المحتويات .....
9	المقدمة .....
10	الهدف من البحث .....
11	الباب الأول : المراجعة النظرية .....
12	1-1- تمهيد .....
13	1-2- الشموع .....
13	1-2-1- تعريف الشموع .....
13	1-2-2- مكونات الشموع السنية وتركيبها الكيماوي .....
18	1-2-3- أهم خصائص الشموع السنية .....
19	1-2-4- استعمالات الشموع في طب الأسنان .....
22	1-3- مواد التشكيل .....
22	1-3-1- لمحة تاريخية .....
25	1-3-2- متطلبات مواد التشكيل .....
26	1-3-3- أنواع مواد التشكيل .....
26	1-3-3-1- الشموع الخاصة بصنع النماذج .....
28	1-3-3-2- راتنجات صنع النماذج ذاتية التصلب .....
28	1-3-3-3- راتنجات صنع النماذج ضوئية التصلب .....
30	1-3-3-4- الشموع ضوئية التصلب .....
31	1-3-3-5- مواد النحت ضوئية التصلب .....
33	1-4- الدراسات السابقة .....
38	الباب الثاني : المواد والطرق .....
39	1-2- مواد البحث .....
44	1-2- أدوات وأجهزة البحث .....
47	1-2-3- طرق البحث .....
47	1-2-3-1- وصف عينة البحث .....

49	..... طريقة العمل 2-3-2
62	..... <b>الباب الثالث : النتائج والدراسة الإحصائية</b>
63	..... 1-3- الدراسة الإحصائية الوصفية
66	..... 2-3- الدراسة الإحصائية التحليلية
	..... 1-2-3- دراسة تأثير المجموعة المدروسة في مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل
66	..... والمثال المعدني في عينة البحث
	..... 2-2-3- دراسة تأثير طول منطقة الدرد المحصور في مقدار الفُرجة بين سرج
68	..... الهيكل والمثال المعدني في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة
71	..... <b>الباب الرابع : المناقشة</b>
72	..... 1-4- مناقشة مواد وطرائق البحث
77	..... 2-4- مناقشة نتائج البحث
	..... 1-2-4- تأثير المجموعة المدروسة في مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال
77	..... المعدني في عينة البحث
	..... 2-2-4- تأثير طول منطقة الدرد المحصور في مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل
79	..... والمثال المعدني في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة
81	..... <b>الباب الخامس : الاستنتاجات</b>
83	..... <b>الباب السادس : المقترحات والتوصيات</b>
84	..... 1-6- المقترحات
85	..... 2-6- التوصيات
86	..... <b>الباب السابع : المراجع</b>
94	..... <b>الملخص العربي</b>
95	..... <b>الملخص الأجنبي</b>
96	..... <b>الملحق</b>
97	..... موافقة نشر المقالة في مجلة "The Saudi Dental Journal"

## قائمة الجداول List of Tables

رقم الصفحة	تفسيره	رقم الجدول
14	مكونات الشموع السنية	جدول 1
16	خصائص أهم أنواع الشموع الطبيعية الحيوانية	جدول 2
16	خصائص أهم أنواع الشموع الطبيعية النباتية	جدول 3
17	خصائص أهم أنواع الشموع الطبيعية المعدنية (الأحفورية)	جدول 4
20	استعمالات الشموع في طب الأسنان	جدول 5
21	استعمالات وتراكيب وأشكال شموع الصنع	جدول 6
22	استعمالات وتراكيب وأشكال شموع الطبع	جدول 7
53	دورة إحماء المادة الكاسية	جدول 8
63	يبين توزيع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة	جدول 9
64	يبين توزيع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والجهة المدروسة	جدول 10
66	يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة	جدول 11

67	<p>يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) بين مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً ومجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية في عينة البحث</p>	جدول 12
68	<p>يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً للجهة المدروسة والمجموعة المدروسة</p>	جدول 13
69	<p>يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) بين مجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول (اليمنى) ومجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر (اليسرى) في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة</p>	جدول 14

قائمة المخططات البيانية  
List of Graphs

رقم الصفحة	تفسيره	رقم المخطط
12	تقنيات تحويل النموذج الأولي للتعويض السني إلى المادة النهائية	المخطط 1
64	يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة	المخطط 2
65	يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والجهة المدروسة	المخطط 3
67	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة	المخطط 4
69	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً للجهة المدروسة والمجموعة المدروسة	المخطط 5

**قائمة الأشكال التوضيحية**  
**List of Figures**

رقم الصفحة	تفسيره	رقم الشكل
39	مثال الألمنيوم الرئيس	الشكل 1
39	Ormaduplo 22 مادة الطبع السيليكونية	الشكل 2
39	BegoStone plus الجبس الحجري المحسن	الشكل 3
39	Bego مجموعة الشموع الجاهزة للأجهزة الهيكلية	الشكل 4
41	مجموعة الشموع الضوئية الخاصة بالأجهزة الهيكلية، مع ملحقاتها WP Dental	الشكل 5
43	أسلاك ضامات ذات مقطع دائري	الشكل 6
43	أسلاك شمعية لتشكيل مجاري الصب	الشكل 7
43	المادة الناسخة الغروية Castogel	الشكل 8
43	المادة الكاسية Cobavest	الشكل 9
43	خليطة الكروم كوبالت Wironit	الشكل 10
44	المُحَطَّط Ney Surveyor	الشكل 11
44	أدوات نسخ الأمثلة وصبها	الشكل 12
44	منحطة كهربائية ماركة LiWaxer	الشكل 13

44	وحدة تصليب ضوئي ماركة LiWa Light	الشكل 14
45	أدوات نسخ أمثلة المادة الكاسية وكسو البواتق	الشكل 15
45	حملاج غاز-أوكسجين	الشكل 16
45	جهاز صب بالقوة النابذة ماركة TS-1	الشكل 17
45	فرن إحماء ماركة Miditherm	الشكل 18
46	مرملة ماركة EasyBlast	الشكل 19
46	أدوات تشذيب المعدن	الشكل 20
47	ملزمة لتثبيت العينات على المثال أثناء القياس	الشكل 21
47	كاميرا رقمية USB Mini Camera Illustration	الشكل 22
48	النقاط الست المحددة على المثال المعدني الرئيس لإجراء القياسات عندها	الشكل 23
49	نسخ المثال المعدني الرئيس باستخدام مادة الطبع السيليكونية إضافية التصلب	الشكل 24
49	صب 15 مثلاً جبسياً لكل من مجموعتي العينة	الشكل 25
50	النسخ إلى أمثلة المادة الكاسية بواسطة الأغار آغار	الشكل 26
51	تشميع هياكل المجموعة التقليدية	الشكل 27
52	تشكيل مجاري الصب	الشكل 28
52	كسو نماذج هياكل المجموعة التقليدية	الشكل 29

52	إحماء بوتقة الصب	الشكل 30
53	إنزال الهيكل المصبوب على مثاله الجبسي	الشكل 31
54	تشميع هياكل مجموعة الشموع الضوئية	الشكل 32
55	تدعيم نموذج الشمع المُصلَّب ضوئياً	الشكل 33
55	النموذج المُصلَّب ضوئياً بعد نزعه	الشكل 34
55	تثبيت النموذج المُصلَّب ضوئياً على قاعدة الصب	الشكل 35
56	هياكل المجموعتين بعد إنزالها على أمثلتها الجبسة	الشكل 36
57	أ- آلة التصوير مثبتة على قاعدة تؤمّن لها توضعاً أفقياً، ب- آلة التصوير مُزوّدة بمُحدّدة مسافة ذات شعبتين.	الشكل 37
57	تماس شُعْبَتَي مُحدّدة المسافة مع الحرف الدهليزي للسرّج يضمن توازيه مع العدسة	الشكل 38
58	تجهيز ساحة التصوير	الشكل 39
59	النقاط التي قيست عندها الفرجة المتشكلة بين المثال الرئيس وكل هيكل معدني من العيّنة	الشكل 40
60	تعديل سطوع وتباين الصورة حسب الحاجة	الشكل 41
61	قياس الفرجة على الصورة الرقمية المكبرة.	الشكل 42
75	قصور منصة المجهر عن استيعاب العينة	الشكل 43

## المقدمة

### Introduction

عرفت آلية الصب بطريقة الشمع الضائع منذ حوالي 6000 سنة، ولا تزال مطبقة في وقتنا الحاضر. وبالرغم من أن الشمع هو المادة الأكثر استعمالاً لنحت النماذج المعدّة للصب، إلا أنّ ثمة موادّ أخرى يمكن أن تُستعمل لنفس الغرض؛ كالراتنج الأكريلي ذاتي التصلب، والراتنج الأكريلي المصلّب ضوئياً (Sias, 2005؛ Craig et al., 2004).

إن اتباع طريقة الشمع الضائع لتصنيع الأجهزة السنية الهيكلية يتطلب مراحل طويلة (من نسخ المثال النهائي، وصبه بالمادة الكاسية، ومعالجته بالشمع، ثم تشكيل النموذج الشمعي للجهاز الهيكلية مع مجاري الصب، وكسو النموذج بحيث يكون المثال المصنوع من المادة الكاسية جزءاً من بوتقة الصب....) الأمر الذي يتطلب جهداً ووقتاً إضافيين. من هنا اتجه اهتمام الباحثين من أمثال Sun و Wei و Volkel نحو تطوير مادة تتمتع بخصائص الشمع من حيث سهولة النحت والتشكيل، وتتمتع في الوقت ذاته بدرجة كافية من المتانة والمرونة بعد تصلبها بحيث يمكن تشكيل نموذج الجهاز الهيكلية منها على المثال الجبسي دون نسخه، ومن ثم تصليبه وفصله عن المثال الجبسي، وإجراء عملية الكسو بشكل منفصل بدون مثال؛ تماماً كالأسلوب المتبع في التيجان والجسور المصبوبة (Sun and Lichkus, 2002؛ Sun and Lichkus, 2003؛ Volkel et al., 2000؛ Wei et al., 2004).

## الهدف من البحث

### Aim of Study

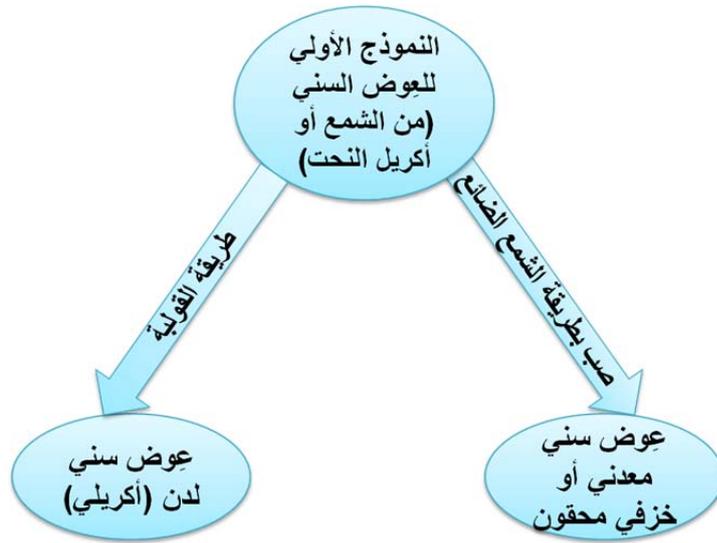
يهدف البحث إلى تقييم انطباق الهياكل المعدنية لأجهزة سنية جزئية متحركة، وذلك عند صنعها في المخبر بالطريقة التقليدية أو بطريقة استعمال الشموع المصلبة ضوئياً (بدون نسخ الأمثلة النهائية).

وقد صيغت فرضيات العدم على الشكل التالي: أ- لا يوجد فرق جوهري في الدقة بين الهياكل المصنوعة بالطريقة التقليدية والمصنوعة بطريقة المواد الشمعية المصلبة ضوئياً، ب- لا أثر لطول امتداد المنطقة السرجية على انطباق الهيكل في كلتا الطريقتين.

الباب الأول  
المراجعة النظرية  
*Literature Review*

## 1-1- تمهيد:

يُصنع النموذج الأولي للعوض السني من مواد خاصة، تُسمى مواد التشكيل Modeling Materials. وهي مواد تمتاز بسهولة التكيف والنحت، وأشهرها الشمع الخاص بصنع النماذج Pattern Wax. فبعد تشكيل التصميم النهائي المطلوب للعوض السني بواسطة هذه المواد، يتم تحويلها إلى المادة الدائمة؛ والتي يمكن أن تكون مادة لدنة كالراتنج الأكريلي (فنعتمد في تحويلها على تقنية القولية Molding)، أو تكون خليطة معدنية، أو خزفاً محقوناً (فنعتمد في تحويلها على تقنية الصب بطريقة الشمع الضائع<sup>(\*)</sup>) (Sakaguchi and Carr and Brown, 2011) (المخطط 1) (Lost-Wax Casting) (Shillingburg et al., 1997؛ Powers, 2012).



المخطط 1 : تقنيات تحويل النموذج الأولي للعوض السني إلى المادة النهائية

وبما أن جوهر الاختلاف بين الطريقتين -موضوع البحث- المتبعتين في صنع هياكل الأجهزة السنية المتحركة الجزئية هو مادة التشكيل المستعملة (أي الشمع الخاص بصنع النماذج في الطريقة التقليدية، والمواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً في الطريقة البديلة)، فقد جرى الحديث في هذه المراجعة عن الشموع السنية بشكل عام (تعريفها، مكوناتها، خصائصها، استعمالاتها)، ومن ثمَّ الحديث عن موادَّ التشكيل (لمحة تاريخية عنها، الخصائص التي يجب أن تتوفر فيها، أنواعها، مكوناتها، مزايا ومساوئ كل منها).

(\*) طريقة الشمع الضائع متداولة منذ أكثر من 6000 سنة، إذ إن أقدم قطعة أثرية مصبوبة بهذه الطريقة اكتشفت في شمال سوريا، وتعود إلى سنة 4200 ق.م (Sias, 2005؛ البني، 1986).

## 1-2-1- Waxes الشموع:

### 1-2-1-1 تعريف الشموع:

الشموع هي موادّ عضوية متنوعة، تنتمي إلى فصيلة اللدائن الحرارية Thermoplastic Materials، تتمتع بخصائص فيزيائية شبيهة بخصائص شمع النحل، تبقى صلبة في الحالة الطبيعية ضمن حرارة الغرفة، لكنها تنصهر وتصبح سيالاً عند تعرضها للتسخين، يتحول فيزيائي رتود، أي أنها تعود لحالتها الصلبة من جديد عندما تبرد، دون أن تتحلل. هي في الأساس مواد طرية، وذات خصائص ميكانيكية ضعيفة (Craig et al., 2004؛ McCabe and Walls, 2008؛ Scheller-Sheridan, 2010).

جاء في موسوعة Ullmann للكيمياء التقنية: إن مصطلح "شمع" هو تعبير مشترك عن مجموعة من المواد الطبيعية والتركيبية. يُشير هذا المصطلح عموماً إلى مواد لدنة سهلة التشكيل عندما تكون درجة حرارتها دون الانصهار أو التلّين. وهي تتمتع بمظهر شاف إلى ظليل، وتنصهر بدون تحرّب فوق درجة حرارة 40°م. لتتحول بعدها إلى سائل منخفض اللزوجة نسبياً. تتمتع الشموع بشكل عام بقابلية للصقل تحت ضغط خفيف (Volkel et al., 2000).

تُستعمل الشموع في طب الأسنان سريرياً، ومخبرياً بهيئات متعددة. وبالرغم من أنها لا تدخل في تكوين التعويضات النهائية، إلا أنها غالباً ما تدخل في عملية تصنيعها. يرجع استعمال الشموع في طب الأسنان إلى أكثر من 200 سنة؛ حيث استعمل شمع النحل في أول الأمر كمادة طابعة (Craig et al., 2004؛ Abolmasov et al., 2000).

### 1-2-2-1 مكونات الشموع السنية وتركيبها الكيماوي:

إن معظم الشموع المستعملة في طب الأسنان عبارة عن خليط من عدة مكونات:  
 أ- الشموع الطبيعية: والتي تشمل (المعدنية، والنباتية، والحيوانية) وفقاً لمصدرها.  
 ب- الشموع التركيبية: الناتجة من تفاعل مواد كيماوية مختلفة، أو عن المعالجة الكيماوية للشموع الطبيعية.

ج- المكملات التي تضاف لتعديل خصائص الخليطة: كالصمغ، والدهون، والحموض الدسمة، والزيوت، وبعض الراتنجات، والأصبغة. (الجدول 1)

الجدول 1: مكونات الشموع السنوية (Manappillil, 2007؛ Powers, 2002؛ 2000؛ Abolmasov et al., 2003؛ سايس، 2003)

المكملات	الشموع التركيبية	الشموع الطبيعية	المعدنية أو الأحفورية:
حمض الشمع (حمض الستارين)	متعدد الإيثيلين Polyethylene	Paraffin البارافين	المعدنية أو الأحفورية:
الستارين (جليسيريل ثلاثي الستارين)		الميكروكريستالين Microcrystalline	
التربنتين	جليكول متعدد الأوكسي إيثيلين Polyoxyethylene glycol	Barnsdahl البارنسداال	
زيت السيليكون		Ozocerite الأوزوكريت	
قلفونة الصنوبر Rosin	الراتنجات الطبيعية:	Ceresin السيريزين	النباتية:
صمغ الكوبال Copal		شمع مونتانا Montana	
صمغ الدامر Dammar		الكارنوبا Carnauba	
الساندارك Sandarac		الأوريكوري Ouricury	
صمغ المستكي Mastix		الكاندليلا Candelilla	
اللكر Shellac (من حشرات استوائية)		الشمع الياباني	
الكوري Kauri		زبدة الكاكاو	
الصمغ العربي Arabic gum		شمع النحل Beeswax	
متعدد الستارين Polystyrene		الشمع العنبري Spermaceti، Ambergris	
الإلفاكس Elvax		شمع الصوف Lanolin	
	الأصبغة	الشمع الصيني	

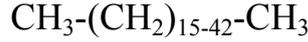
إن مزج هذه المكونات يتيح للمنتجين إبداع تشكيلات واسعة من الخصائص التي تخدم الاستعمالات السنوية للشموع، لكنه يجعلها مركبات معقدة (Craig et al., 2004؛ Powers, 2002).

### 1-2-2-1- الشموع الطبيعية Natural Waxes:

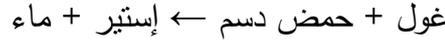
عادةً ما تكون المكونات الشمعية في الشموع السنوية جزيئات عضوية عالية الوزن الجزيئي نسبياً 400-4000 غ/مول، لكنها تُعد معتدلة إذا ما قورنت بالوزن الجزيئي للبوليميرات الأكريلية (O'Brien, 2002؛ سايس، 2003).

وبالرغم من أن بعض الشموع الطبيعية يمكن أن تضم في بنيتها أغوالاً alcohols، وحموضاً acids حرة؛ إلا أن المجموعتين الأساسيتين من المركبات العضوية المكونة للشموع هما:

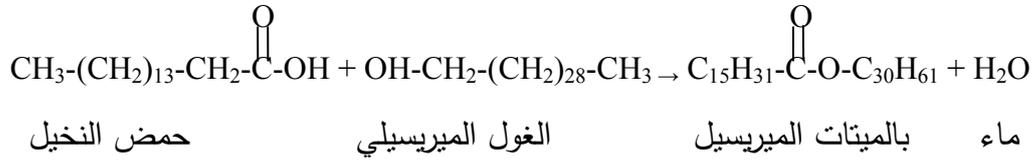
أ- الفحوم الهيدروجينية Hydrocarbons: كالألكانات المشبعة Saturated Alkanes، والتي يتراوح عدد ذرات الكربون فيها ما بين 17 إلى أكثر من 44 ذرة. والصيغة التالية توضح العلاقة التي نحسب من خلالها الأعداد الفردية والزوجية في السلسلة:



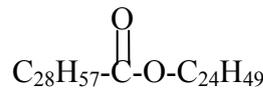
ب- الإستيرات Esters: والتي تتشكل بدورها من اتحاد حموض دسمة عالية الوزن الجزيئي، مع أغوال أليفاتية Alephitic (أي غير عطرية) عالية الوزن الجزيئي، وانطراح الماء.



مثل بالميتات الميريسيل Myricyl palmitate (الإستر الرئيسي الموجود في شمع النحل)، والذي ينتج عن تفاعل الغول الميريسيلي Myricyl Alcohol مع حمض النخيل Palmitic Acid:



و الإستر الرئيسي الموجود في شمع مونتانا (شمع معدني) هو:



كما أن هناك إسترات أخرى مكونة من الأحماض C<sub>20</sub>-C<sub>29</sub> والأغوال C<sub>20</sub>-C<sub>30</sub>.

إن هذا الوصف المقتضب لبنية الشموع الطبيعية يشير إلى أنها تراكيب معقدة من المواد العضوية ذات الأوزان الجزيئية الكبيرة إجمالاً. ومما يلعب دوراً في تنوع هذه التراكيب وتنوع خصائصها اختلاف مصادرها، واختلاف المدة المحددة لدمجها؛ الأمر الذي يفرض على الشركات المنتجة إبداع خلطات محددة من الشموع للحصول على الخصائص المنشودة من أجل استعمالات محددة (Powers, 2002؛ Manapllil, 2007؛ Craig et al., 2004).

الجدول 2، 3، 4 تلخص خصائص أهم أنواع الشموع الطبيعية بحسب مصدرها (حيوانية، نباتية، معدنية):

الجدول 2: خصائص أهم أنواع الشموع الطبيعية الحيوانية (Manapllil, 2007؛ Powers, 2002؛ Аболмасов и др., 2000) (سايس، 2003)

شمع النحل	الستيارين	الشموع الحيوانية
خلايا النحل	من هدرجة الشحوم الحيوانية	المصدر
خليط من الإستيرات والفحوم الهيدروجينية المشبعة وغير المشبعة والأحماض العضوية عالية الوزن الجزيئي	أحماض الشمع والنخيل وغيرها	التركيب الكيميائي
أصفر	أبيض نصف شفاف	اللون
62-64° م	68-71° م	حرارة الانصهار
	0.94 - 0.93	الكثافة
البنزين، الكلوروفورم، رباعي كلوريد الكربون، كبريتيد الكربون، الزيوت الإستيرية	البنزين والكلوروفورم	الانحلال
يصبح قاسياً بعد معالجته بالماء الأوكسجيني	مادة صلبة متدنية لدونة يفتت بسهولة	الخصائص الميكانيكية
يرفع لدونة الخلائط الشمعية ويزيد من سهولة تشكيلها	يقلل درجة لدونة الخلائط الشمعية ويزيد درجة انصهارها، كما يدخل في تركيب الأساس الدهني لمعاجين التلميع	الاستعمال

الجدول 3: خصائص أهم أنواع الشموع الطبيعية النباتية (Manapllil, 2007؛ Powers, 2002؛ Аболмасов и др., 2000) (سايس، 2003)

الكارنوبا	الشمع الياباني	الشموع الحيوانية
من أوراق شجرة الكارنوبا التي تنمو في المناطق الإستوائية (البرازيل)	ثمار بعض الأشجار التي تنمو في اليابان وفي المناطق شبه الاستوائية	المصدر
أغوال وأحماض النخيل والسيروتين cerotic acid والزيده	أحماض النخيل والشمع والزيده و...و الغليسرين	التركيب الكيميائي
أصفر مخضر، رائحة التبن	أصفر مخضر، رائحة قطرانية	اللون
80-96° م	52-53° م	حرارة الانصهار
0.999	0.99	الكثافة
الإيتر، الكحول المغلي	البنزين، والكلوروفورم، وثاني كبريتيد الكربون والبنزول	الانحلال
مادة قاسية وهشة	مادة قاسية وهشة تصبح دقة جداً بالتسخين	الخصائص الميكانيكية
يزيد من قساوة الخلائط الشمعية ويقلل لدونتها ويرفع درجة انصهارها ويسهل التعامل معها	يزيد لزوجة وقساوة الخلائط الشمعية ويضفي عليها لونا أخضر ويعزز قدرتها على الالتصاق	الاستعمال

الجدول 4: خصائص أهم أنواع الشموع الطبيعية المعدنية أو الأحفورية (Manappillil, 2007؛ Powers, 2002؛  
Аболмасов и др., 2000؛ سايس، 2003)

شمع مونتانا	السيريزين	الأوزوكريت	البارافين	الشموع الحيوانية
من خلاصة الركام الفحمي البني الرمادي (الليغنايت والكول)	هو عبارة عن أوزوكريت منقى من القطران من خلال معالجة حرارية خاصة	شمع الأرض يُصادف على شكل ركام (رواسب) في غرب الولايات المتحدة الأمريكية، ووسط أوروبا	تقطير النفط، صخور الشيسيت، الفحم الحجري	المصدر
فحوم هيدروجينية عالية الوزن الجزيئي، وإستيرات، وحموض دسمة عالية الوزن الجزيئي، وأغوال	سلاسل برفينية مستقيمة ومتشعبة ذات وزن جزيئي أعلى	خليط من الفحوم الهيدروجينية عالية الوزن الجزيئي ذات الجزيئات الضخمة	خليط من الفحوم الهيدروجينية عالية الوزن الجزيئي، ذو بنية بلورية	التركيب الكيميائي
بني غامق، كريه الرائحة	أبيض أو أصفر	بني أو رمادي إلى المخضر، رائحة كبروسينية خفيفة	شفاف، عديم الرائحة	اللون
73-80 م°	60-80 م°	50-90 م°	42-71 م°	حرارة الانصهار
	0.91-0.94	0.85-0.93	0.907-0.915	الكثافة
	البنزين، الكيروسين، الأستون، الكلوروفورم وثاني كبريتيد الكربون	البنزين، الأستون، الكلوروفورم، ثاني كبريتيد الكربون	الإيثر، والبنزين، وجزئياً في الكحول	الانحلال
مادة قاسية وهشة	قساوة عالية وقابلية متدنية للانصاق	مادة راتنجية قاسية	يتمتع بدرجة منخفضة من اللدونة وبالقساوة، ذو قابلية جيدة للتقشر بالأدوات الحادة	الخصائص الميكانيكية
يضاف إلى خلطات الشمع لرفع درجة الانصهار، ولزيادة القساوة	تضاف إلى الخلطات الشمعية لرفع درجة الانصهار، ولزيادة لزوجة، وقساوة الخليط	تضاف إلى الخلطات الشمعية لرفع درجة الانصهار، ولزيادة لزوجة، وقساوة الخليط	مكون أساسي في شمع الصب وشمع الصفائح القاعدية وغيرها	الاستعمال

### 1-2-2-2- Synthetic Waxes: الشموع التركيبية

تتمتع بخواص فيزيائية وميكانيكية وبدرجة انصهار وتلين ثابتة، كونها ذات نقاوة عالية مقارنة بالشموع الطبيعية. تدخل في تركيب الخلطات الشمعية المعقدة المستعملة في نحت الأجزاء الدقيقة التي نحصل عليها بطريقة الصب الدقيق لصنع الأجهزة الهيكلية؛ ورغم ذلك يبقى استعمالها محدوداً في طب الأسنان مقارنة بالشموع الطبيعية. وهي تنتمي إلى مجموعة

المواد المتماثرة Polymeres؛ مثل: شموع متعدد الإيثيلين Polyethylene، وجليكول متعدد الأوكسي إيثيلين Polyoxyethylene glycol. ومنها أيضاً الفحوم الهيدروجينية المهلجنة Halogenated Hydrocarbons، والشموع المهدرجة Hydrogenated، والإستيرات الناتجة عن تفاعل الأغوال مع الحموض الدسمة. تحترق هذه المواد دون أن تترك بقايا بعد الصب (Manapllil, 2007؛ Powers, 2002؛ Abolmasov et al., 2000).

### 1-2-2-3- المكمّلات المضافة للشموع السنية Additives:

وهي مواد متنوعة المصادر تُضاف لتعديل خصائص الخلائط الشمعية؛ كدرجة حرارة الانصهار والصلابة والقساوة واللون وقابلية الالتصاق. منها بعض أنواع الزيوت التي تخفض درجة حرارة انصهار الخليطة، أو تسهل تلميعها. ومنها أيضاً بعض الصمغ Gums والراتجات Resins التركيبية والطبيعية، كقلفونة الصنوبر Rosin وصمغ الكوبال Copal وصمغ الدامر Dammar والسانداراك Sandarac وصمغ المستكي Mastic واللكر Shellac المُستخلص من حشرات استوائية والكاوري Kauri والصمغ العربي Arabic gum المُستخرج من شجر السنط Acacia (Manapllil, 2007؛ MS Encarta؛ Powers, 2002؛ Abolmasov et al., 2000؛ سايس، 2003).

### 1-2-2-3- أهم خصائص الشموع السنية:

مجال الانصهار Melting Range: بما أن الشموع عبارة عن خليط من مكونات متعددة فهي لا تتمتع بدرجة حرارة انصهار مفردة، وإنما بمجال انصهار ذي حدّين أدنى وأعلى. عند الحد الأدنى تنصهر بعض (وليس كل) مكونات المزيج الشمعي، مما يؤدي

إلى انسياب المادة، وشيئاً فشيئاً مع اقتراب درجة الحرارة من الحد الأعلى لمجال الانصهار ينصهر المزيد من مكونات الشمع، ويزداد انسيابه إلى أن ينصهر بشكل كامل عند بلوغه الحد الأعلى من مجال الانصهار.

الفضالة المتبقية Excess residue: يجب أن لا تترك النماذج الشمعية بعد انصهارها واحتراقها (أثناء عملية الصب بطريقة الشمع الضائع) بقايا تؤثر على جودة العوض النهائي.

الانسياب Flow: الانسياب هو تغيرات الشكل الناتجة عن تطبيق قوة. ويحدث نتيجة انزلاق السلاسل الطويلة لجزيئات الشمع فوق بعضها البعض. يتأثر الانسياب بدرجة الحرارة وبالوقت وبالقوة المطبقة. ففي درجات الحرارة المنخفضة تنساب الشموع بصعوبة، ولكن حينما تقترب درجة الحرارة من مجال انصهار الشمع يزداد الانسياب بشكل مفاجئ. يؤدي ضعف الانسياب إلى نقص امتلاء السطح الداخلي للنموذج المُشمع بالمادة الشمعية.

التمدد الحراري Thermal Expansion: تتمدد الشموع بارتفاع درجة حرارتها. ومعامل التمدد الحراري للشموع عموماً هو الأعلى إذا ما قورنت مع غيرها من المواد السنية (فهو يبلغ بالنسبة لشمع صنع النماذج  $10^{-6} * 323$  م، بينما يبلغ بالنسبة للخزف السني مثلاً  $10^{-6} * 14$  م). ولذلك فإن التغيرات الحرارية البسيطة يمكن أن تسبب تغيرات حجمية مُعتبرة في النماذج الشمعية للأعواز السنية.

الجهود المختزنة Residual Stress: تختزن الشموع السنية جهوداً داخلية أثناء نحتها، وتتحلل هذه الجهود بعد انتهاء عمل النموذج الشمعي، مؤدية إلى تشوّهه والتوائه واضطراب انطباقه.

(Powers, Manapllil, 2007؛ Diwan et al., 1997؛ Craig et al., 2004)؛ (2002؛ Scheller-Sheridan, 2010؛ Abolmasov et al., 2000؛ سايس، 2003).

#### 1-2-4- استعمالات الشموع في طب الأسنان:

تُقسم الخلائط الشمعية حسب استعمالها إلى ثلاث مجموعات رئيسية:

- الشموع الخاصة بصنع النماذج Pattern Waxes.

- شموع الصنع Processing Waxes.
- شموع الطبع Impression Waxes.

أنواع الشموع السنوية الداخلة تحت كل مجموعة حسب استعمالها مبينة في (الجدول 5).

الجدول 5: استعمالات الشموع في طب الأسنان (Manapllil, 2007؛ Scheller-Sheridan, 2010)

شموع الطبع Impression Waxes	شموع الصنع Processing Waxes	الشموع الخاصة بصنع النماذج Pattern Waxes
شموع التصحيح Corrective	شمع الإلصاق Sticky	شمع الصب المُعدّ للحشوات المصبوبة Inlay
	شمع التعليب Boxing	
	شمع صفة الأسنان Carding	شمع الصب المُعدّ للأجهزة الهيكلية Casting
شموع تسجيل العضة Bite registration	الشمع الخدمي Utility	شموع الصفائح القاعدية (الصف) Base plate
	شمع سد الغُوررات Blockout	
	شمع مجاري الصب Spruing	

#### 1-4-2-1- الشموع الخاصة بصنع النماذج Pattern Waxes:

وتشمل شمع الصب الخاص بصنع الحشوات المصبوبة، وشمع الصب الخاص بصنع الأجهزة الهيكلية، وشمع الصفائح القاعدية أو الصف. [سيأتي الكلام عن هذه المجموعة في الفقرة (1-3-3-1) عند الحديث عن أنواع مواد التشكيل].

#### 1-4-2-2- شموع الصنع Processing Waxes:

وتشمل شموع الإلصاق والتعليب وصفة الأسنان وشمع سد الغُوررات والشمع الخدمي وشمع مجاري الصب. استعمالات وتراكيب وأشكال شموع الصنع مبينة في (الجدول 6).

الجدول 6: استعمالات وتراكيب وأشكال شموع الصنع (Powers, 2002؛ Craig et al., 2004؛ Scheller-Sheridan, 2010؛ Аболмасов и др., 2000)

الخصائص	المكونات	الأشكال المتوفرة	الاستعمالات	شموع الصنع Processing Waxes
يتلين عند درجة حرارة 21 °م ويبقى محافظاً على شكله حتى درجة حرارة 35 °م	شمع النحل والبارافين وشموع طرية	أشرطة أو حبال خضراء أو حمراء أو سوداء	إحاطة طبقات الدرد بشرط قبل صبها للحفاظ على الحواف	شمع التعليب Boxing
ينصهر عند درجة حرارة 65-70 °م، وعندما يبرد يصبح صلباً وقصيفاً، لا يترك رماداً عند احتراقه	قلفونة 70%، شمع النحل 25%، مونتانا 5%، وأحياناً راتنج الدامر Dammar	أقلام صفراء أو داكنة	وصل أجزاء النماذج التعويضية السنوية، ولإصاق أجزاء الطبقات والأمثلة	شمع الإصاق Sticky
يشبه شمع التعليب	شمع النحل والبارافين وشموع طرية	أشرطة أو صفائح	تثبت عليها أسنان التنضيد الجاهزة عندما تأتي من المصنع، ويستخدم في تقنيات التلحيم	شمع صفة الأسنان Carding
يتلين ويصبح دبقاً عند درجة حرارة ما بين 21-24 °م	شمع النحل والبارافين وشموع طرية	حبال طويلة وقصيرة برتقالية أو حمراء داكنة أو بيضاء	يُغني عن شمع التعليب، ويستخدم مع مرضى التقويم لتخفيف الإزعاج الناتج عن الحاصرات والأسلاك	الشمع الخدمي Utility
	النحل والبارافين وشموع طرية	صفائح أو أقراص	إغلاق المناطق المُنبَتة	شمع سدّ الفُجوات Blockout
يتحد مع النماذج الشمعية بسهولة وبشكل متين، ودون أن يتفاعل مع المادة الكاسية. وعند الإحماء ينصهر ويحترق دون ترك بقايا	قلفونة الصنوبر 2%، بارافين 40-60%، سيريزين 38-58%، ملونات 0.003%	أشرطة متنوعة الأقطار	صنع مجاري الصب مع حجات التغذية عند صب الأجزاء المصبوبة للتعويضات السنوية	شمع مجاري الصب Spruing

### 1-2-4-3- Impression Waxes شموع الطبع

وتشمل الشموع التصحيحية وشموع تسجيل العضة. استعمالات وتراكيب وأشكال شموع الصنع مبينة في (الجدول 7).

الجدول 7: استعمالات وتراكيب وأشكال شموع الطبع (Powers, 2002؛ Craig et al., 2004؛ Scheller-Sheridan, 2010؛ Abolmasov et al., 2000)

المكونات	الأشكال المتوفرة	الاستعمالات	شموع الطبع Impression Waxes
شمع البارافين والسيريزين وجزيئات معدنية وزيت الخرور Castor Oil	صفائح وأقلام برتقالية وخضراء وبيضاء	تُستعمل كطبقة رقيقة فوق مادة الطبع الأصلية، لنسخ تفاصيل النسج الرخوة الدقيقة في الفك الأرد	الشموع التصحيحية Corrective
شمع النحل والبارافين والسيريزين وزيت وجزيئات معدنية (المنيوم، نحاس)	صفائح وأقلام برتقالية وخضراء وبيضاء	بديل عن شمع الصفائح القاعدية (شمع الصف) في تسجيل العضة	شموع تسجيل العضة Bite registration

### 1-3-1- Modeling Materials مواد التشكيل

#### 1-3-1- لمحة تاريخية:

بغض النظر عن الاستعمال المحدود للراتنج الأكريلي ذاتي التصلب Self-curing pattern resins كمادة من مواد التشكيل، فقد ظل الشمع الخاص بصنع النماذج Pattern Wax هو مادة التشكيل الوحيدة في طب الأسنان.

لكن عيوب الشموع المتمثلة في (تغير الأبعاد، اختزان الجهود داخلياً، ضعف المتانة والمقاومة للتآكل) كانت حافزاً لتطوير مادة تشكيل تتغلب على هذه العيوب. فع أواخر الثمانينات من القرن الماضي بدأت تظهر في الأسواق راتجات ضوئية التصلب لصنع النماذج Light-curing pattern resins، من قبيل (Palavit G LC و Triad VLC).

لكنها لم تكن صالحة لتشكيل نماذج كبيرة (كهياكل الأجهزة المتحركة الجزئية) ( Powers, 2002؛ سايس، 2003).

وكبديل عن الشموع اقترح استعمال خليط من الشموع الطبيعية والتركيبية (كلياً أو جزئياً)، مع مونوميرات Monomers أو أوليغاميرات Oligomers قابلة للتماثر، من قبيل الراتنجات الأكريلية Acrylates والميتاكريلية Methacrylates متعددة الوظائف. يمكن لهذه الخلائط أن تتصلب بعد المعالجة، وأن تتمتع بثبات ميكانيكي أفضل من الشموع الصرفة.

فعلى سبيل المثال: في بداية التسعينات من القرن الماضي طُوِّرت في اليابان خلائط من شموع البولي إيثيلين Polyethylene مع مونوميرات الستايرين Styrene أو الأكريلات Acrylate. كما طُوِّرت شموع سنية ضوئية التماثر Photopolymerizable قائمة على خلائط من الشموع الطبيعية والتركيبية مع مركبات من الراتنج الأكريلي التقليدي مع بادئ ضوئي Photoinitiators. من عيوب هذه الخلائط أن الشموع السنية التقليدية والمونوميرات ذات الروابط المتصالبة Crosslinker Monomers لا تختلط جيداً ببعضها البعض، فضلاً عن أن الشمع لا يندمج ضمن الشبكة البوليميرية عند التماثر. ينتج عن ذلك تشكُّل حقولٍ من الشمع، أي أنه يتشكل بنظام متعددة الأطوار Multiphase System، مما ينعكس ضعفاً في المتانة.

كما سُجِّلت براءة اختراع أوربية (EP-B-0 110 193) تتحدث عن مادة للتشكيل تحتوي على خلائط من إسترات حمض الأكريل أو الميتاكريل ثنائي أو متعدد الوظيفة Di- or Polyfunctional Meth- or Acrylic Acid Esters، بالإضافة إلى بادئ ضوئي، واختيارياً على منشط ضوئي Photoactivator ومواد مألثة عضوية Organic Fillers. لكن قوام هذه المادة لا يشبه الشمع (أي أنه لا يمكن تطبيقها مثل الشمع). مما يلجئ المخبري إلى استبدال طريقة التشكيل التقليدية بطريقة الطبقات، التي تستهلك جهداً كبيراً؛ فالطبقة التي تُصلب لا يمكن التعديل عليها لاحقاً. كما إن تماثر هذه المادة ينتج عنه تقلص معتبر.

عام 1995 سُجِّلت في الولايات المتحدة الأمريكية براءة اختراع (US\_5403188) موضوعها مركب شبه لدن حرارياً Semi-thermoplastic مناسب لتسجيل الطبقات.

يحتوي المركب على مادة لدنة حرارية تمتازية كمتعدد الكابرولاكتون Polycaprolactone، وعلى راتنج قابل للتماثر وبادئ، واختيارياً على مادة مألوفة. تتصلب عند درجة حرارة 38° م. وهي غير قابلة للتشكيل إلا بعد إحمائها، ثم تبدأ بالتصلب مع التبريد، كما تزداد تصلباً بعد أخذ الطبعة بفعل التماثر الجذري Radical Polymerization. من عيوب هذه المادة أنها عندما تتصهر تصبح شديدة اللزوجة وقابلةً للالتصاق، مما يجعل تشكيلها أمراً في غاية الصعوبة.

وفي محاولة لتجنب مشاكل المواد آنفة الذكر، قام Volkel وزملاؤه بتطوير مادة بوليميرية شبيهة بالشمع، تحتوي على مونومير Monomer و/أو أوليغامير Oligomer قابل للتماثر (واحد على الأقل)، وبادئ تماثري، ومادة مألوفة، بالإضافة إلى مادة قابلة للتماثر شبيهة بالشمع. هذه المادة قابلة للعجن في حرارة الغرفة، كما يمكن نحتها وتشكيلها في الحالة غير المتماثرة وبدون تسخين إضافي كالشموع التقليدية. مع تماثر المادة يندمج المكون الشمعي برابطة تشاركية Covalent مع البوليمير، في نظام تشكّل أحادي الطور (Volkel et al., 2000) Monophase System.

إن ما عرضه Volkel وزملاؤه من مادة بوليميرية شبيهة بالشمع كان الغرض منه أساساً أن يُستعمل كمادة تعويضية نهائية وليست وسيطة، وهذا أيضاً ما قدمه Sun و Lichkus، إلا أن مادتيهما كانتا أعلى متانةً ومقاومةً للالتواء (Sun and Lichkus, 2002)؛ Sun (and Lichkus, 2003). لكنهما قدما بعد ذلك بالاشتراك مع Wei و Weber طريقةً لتشكيل نموذج هيكلي جهاز جزئي متحرك من مادة بوليميرية ذات مقاومة عالية للالتواء يمكن نزعها عن المثال بعد تصلبها ضوئياً، وصبها بطريقة الشمع الضائع (Wei et al., 2004). وقد تكونت هذه المادة من العناصر التالية:

- Tris (2- Hydroxy ethyl) Isocyanurate triacrylate.
- 4,13-dioxo-3, 14-dioxa-5,12- diazahexadecane-1, 16-diol dimethacrylate & -- diacrylate.
- Camphorquinone.
- Ethyl 4-dimethylaminobenzoate.

بالإضافة إلى العنصر الرئيس وهو الأوليغامير، الناتج بدوره عن تفاعل العناصر التالية:

- Trimethyl-1, 6- diisocyanatohexane.
- Bisphenol A propoxylate.
- 2-hydroxyethyl methacrylate (TBDMA).

ونتيجةً لمثل هذه الجهود بدأ منذ مطلع القرن الحالي تداول مواد تشكيل ضوئية التصلب شبيهة بالشمع، وتصلح لتشكيل نماذج هياكل الأجهزة المتحركة الجزئية، من قبيل (Acron Hi ،Light Pattern ،Ti-Light ،Primotec's metacon ،LiWa ،Easyform LC ،SunWax ،LUKAForm).

وأياً ما كانت مادة التشكيل، فإنه لا بد من توافر مجموعة من الخصائص في المادة، كي نتمكن من استعمالها في تشكيل التصاميم التعويضية متنوعة الأشكال، والأحجام.

### 1-3-2- متطلبات مواد التشكيل Requirements of Modeling Materials:

- 1- أن تتمتع بلون يميزها عن المثال الجبسي، وعن النسيج الفموية في حال استعمالها بالطريقة المباشرة، لتسهيل إنهاء الحواف.
- 2- أن تكون قابلةً للتطبيق على المثال الجبسي، أو في الفم؛ وقادرة على الانسياب في طور العمل بحيث تنساب وتحاكي التفاصيل المطبقة عليها دون ترك فراغات وتجاويز تحتها، كما يجب أن تفقد هذه الخاصة عندما يصبح في درجة حرارة 37°م، لكي نتمكن من نحتها وتشكيلها، ومن ثم نزعها عن المثال.
- 4- أن تتمتع بعد التصلب بمرونة Elasticity، ومثانة Toughness كافيتين لإتمام عملية النحت، ولتماسكها أثناء إخراجها من مكانها دون حدوث صدوع، وتشققات.
- 5- أن تتمتع بدرجة مناسبة من اللدونة Plasticity ضمن حدود درجات حرارة (37-40°م).
- 6- أن تكون مقاومة للتقشير Exfoliation أثناء تشكيلها.
- 7- أن تكون نسبة تقلصها منخفضة؛ بحيث لا تتجاوز (0.1-0.15%) من الحجم مقابل كل درجة مئوية انخفاضاً في الحرارة.
- 8- أن تكون ثابتة الأبعاد ومقاومة للتشوه Distortion لحين تحويلها.

9- أن لا تترك رماداً، وبقايا ذات قيمة بعد احتراقها عند درجة حرارة حوالي 500 °م. (Anusavice, 2003؛ McCabe and Walls, 2008؛ Manapllil, 2007؛ Phillips, 1991؛ Abolmasov et al., 2000؛ البني، 1986).

### 1-3-3- أنواع مواد التشكيل:

بالرغم من أن الشمع هو المادة الأشهر من مواد التشكيل، إلا أن مواداً أخرى ذات أساس راتنجي يمكن أن تُستعمل لنفس الغرض، وبناءً على ذلك يمكن تمييز الأنواع التالية من مواد التشكيل:

- الشموع الخاصة بصنع النماذج Pattern waxes.
- راتنجات صنع النماذج ذاتية التصلب Self-curing pattern resins.
- راتنجات صنع النماذج ضوئية التصلب Light-curing pattern resins.
- الشموع ضوئية التصلب Light-curing waxes.
- مواد النحت ضوئية التصلب Light-curing sculpting material.

### 1-3-3-1- الشموع الخاصة بصنع النماذج Pattern waxes:

وهي تشمل شمع الصب الخاص بصنع الحشوات المصبوبة بنمطيه، وشمع الصب الخاص بصنع الأجهزة الهيكلية، والشمع القاعدي (الصف) بأنماطه الثلاثة.

1-3-3-1-1- شمع الصب الخاص بالحشوات المصبوبة Inlay Wax: يُستعمل لتشميع الحشوات المصبوبة، والتيجان والجسور، وله نمطان وفقاً لدائرة المعايير الوطنية الأمريكية والجمعية الأمريكية لطب الأسنان (ANSI/ADA sp. No.4):

النمط الأول: شمع متوسط، لا ينساب بنسبة أعلى من 1% عند درجة حرارة 37 °م، مُهيئاً للاستعمال بالطريقة المباشرة (في الفم). يتعرض هذا الشمع لتقلص خطي مقداره 0.4% عندما تنخفض درجة حرارته من 37 إلى 12 °م.

النمط الثاني: شمع متوسط، لا ينساب بنسبة أعلى من 1% عند درجة حرارة 30 °م، مُهيئاً للاستعمال بالطريقة المباشرة (على المثال) من أجل الحشوات المصبوبة، والتيجان.

كلا النمطين ينساب بنسبة 70-90% عند درجة حرارة 45 ° م. متوفر على شكل قضبان زرقاء أو خضراء أو قرمزية، وعلى شكل حبيبات ومخاريط صغيرة. يدخل في تركيبه شمع البارافين (40-60%) كمكون رئيس، والسيريزين (10%) وشمع الدامر (1%) وشمع الكارنوبا (25%) أو شمع الكانديليلا وشمع النحل (5%) وبعض الشموع التركيبية وملونات.

#### 1-3-3-1-2- شمع الصب الخاص بالأجهزة الجزئية المتحركة RPD Casting

Wax: يختلف شمع الصب الخاص بالأجهزة الجزئية المتحركة عن شمع الحشوات المصبوبة من حيث المظهر وخصائص التعامل. يُستعمل لصنع نماذج الهياكل المعدنية للأجهزة السنية الجزئية المتحركة. متوفر على شكل صفائح بثخانة 0.40 و 0.32 ملم، وقطع على شكل عناصر الأجهزة الهيكلية جاهزة للتطبيق، وقطع غير محددة الشكل. يدخل في تركيبه شمع البارافين والسيريزين وشمع النحل وبعض الراتنجات. ومن الصيغ المستعملة: شمع بارافين 78% وشمع نحل 21% وملونات 0.04%. ينساب هذا النوع من الشموع بنسبة أقل من 10% عند درجة حرارة 35 ° م، وبنسبة أكبر من 60% عند درجة حرارة 38 ° م. يتمتع بمقاومة جيدة للكسر عند درجة حرارة 23±1 ° م، بينما يصبح مرناً وقابلاً للتكيف عند درجة حرارة 40-45 ° م. كما ينطبع بدقة على السطح الذي يُضغط عليه، ويقاوم التقصف عندما يبرد. يتبخر عند درجة حرارة 500 ° م.

#### 1-3-3-3-1- شمع الصف (القاعدي) Base Plate: يُستعمل في صنع الارتقاعات

الشمعية والطابع الإفرادية وتتضيد الأسنان، فضلاً عن الاستعمال الرئيسي له وهو تشميع الأجهزة السنية المتحركة اللدنة، ومن هنا كان تصنيفه تحت الشموع الخاصة بصنع النماذج. يُعبأ على شكل صفائح زهرية أو حمراء أبعادها 150\*75\*1.3 ملم. يتكون شمع الصف عادة من شمع بارافين أو سيريزين وشمع نحل وكارنوبا، وراتنجات طبيعية أو تركيبية، وشموع تركيبية أخرى. من خلال تعديل مكونات شمع الصف يمكن الحصول على قساوات متنوعة. هناك ثلاث قساوات متداولة لشمع الصف وفقاً للمنظمة الدولية للمعايير (ISO [1999] 12163). النمط الأول منها طري ضمن حرارة الغرفة، ويُستعمل لتشميع الأجهزة السنية؛ والنمط الثاني متوسط، ويُستعمل لصنع النماذج الشمعية التي تُطبَّق في الفم في المناطق ذات المناخ المعتدل؛ أما النمط الثالث فهو الأقسى، ويُستعمل لصنع النماذج الشمعية التي تطبق في الفم في المناطق ذات المناخ الاستوائي.

(Scheller- Powers, 2002؛ Manapllil, 2007؛ Craig et al., 2004)

(Sheridan, 2010؛ Аболмасов и др., 2000؛ سايس، 2003).

**1-3-3-2- راتنجات صنع النماذج ذاتية التصلب Self-curing pattern****:resins**

يُستعمل الأكريل ذو التحفيز الكيميائي كمادة لتشكيل نماذج الأوتاد الجذرية بالطريقة المباشرة، ونماذج الحشوات المصبوبة. حيث يتم إنتاجه تجارياً بألوان فاقعة لتسهيل التعامل معه (مثل Palavit G). وهو يتمتع بثبات جيد في الأبعاد، وبسهولة الاستعمال. دقة انطباقه الحفافي شبيهة بالشمع في حالات التيجان الكاملة، لكنها أفضل من الشمع في حالات الحشوات (Iglesias et al., 1996).

يتم صنع النموذج من خلال تطبيق المركب (مسحوق-سائل) على الدعامة الجبسية، أو على السن بالطريقة المباشرة على شكل طبقات ثم تُترك حتى تتماثر. بعدها يمكن تعديل النموذج بواسطة الأدوات الدوارة، وعند الضرورة يمكن استعمال الشمع الخاص بصنع النماذج لإتمام تشكيل النموذج الأكريلي.

لا بد أن نأخذ بعين الاعتبار أن حرق النماذج المصنوعة بهذه المادة أثناء إحماء بوتقة الصب يحتاج إلى وقت أطول بكثير من الوقت اللازم لاحتراق النماذج الشمعية (Koran, 2002).

**1-3-3-3- راتنجات صنع النماذج ضوئية التصلب Light-curing pattern****:resins**

توجد الراتنجات ضوئية التصلب الخاصة بصنع النماذج بأسماء تجارية (مثل: Palavit GLC, Traid VLC)، وهي ذات لزوجة عالية أو منخفضة، وتكون بشكل عجيني أو سائل. وتُستعمل لصنع النماذج المُعدّة للصب بالمعدن، أو بالخزف المحقون؛ من قبيل الحشوات، والتيجان والجسور، والوصلات الدقيقة.

يتكون الشكل العجيني منها بشكل رئيسي من أوليغامير ثنائي يورثان ثنائي الميثاكريلات Diurethane Dimethacrylate Oligamer، مع 40-50% مادة مالئة هي عبارة عن متعدد ميثيل الميثاكريلات Poly(methylmethacrylate) (PMMA)، أو متعدد يورثان ثنائي الميثاكريلات Polyurethane Dimethacrylate (والذي ينتج بدوره عن إضافة ثنائي إيزوسيانات Diisocyanate إلى البوليول Polyol). أما الشكل السائل منه فيحتوي

على نسبة أعلى من يورثان ثنائي الميثاكريلات Urethane Dimethacrylate (UDMA). تحتوي هذه الراتنجات على الكمفركوينون Camphorquinone كمادة محفزة.

#### الخصائص:

- 1- حرارة تماثرها، ونسبة تقلصها أدنى من نظيرتها في الأكريل.
- 2- متانتها ومقاومتها للانسياب أعلى من نظيرتها في الشمع.
- 3- تتمتع بثبات جيد في الأبعاد عند التصلب.
- 4- تحترق دون ترك بقايا.
- 5- دقة انطباقها الحفافي شبيهة بالشمع في حالات التيجان الكاملة، لكنها أفضل من الشمع في حالات الحشوات.
- 6- إن راتنج ثنائي الميثاكريلات المستعمل في صنع النماذج لا يتسبب في حدوث تشققات في المادة الكاسية نتيجة للإحماء الزائد لبوتقة الصب؛ الأمر الوارد حدوثه عند استعمال نماذج الأكريل.

#### طريقة العمل:

- 1- تتم معالجة الدعامات الجبسية، أو الراتنجية بعازل مناسب؛ وذلك بعد سد المناطق المثبتة.
- 2- تطبق المادة على مراحل بثخانة لا تزيد عن 3-5 ملم لكل طبقة.
- 3- تُصلب كل طبقة على حدة في حجرة التصليب الضوئي لمدة 90 ثانية، أو بواسطة وحدة التصليب الضوئي اليدوية بمعدل 20-40 ثانية من التشعيع لكل منطقة.
- 4- يُستعمل الشكل السائل من المادة في بداية العمل لتجنُّب حدوث تجاعيد داخلية، وفراغات بين الدعامات والمادة العجينية. كما تُستعمل في النهاية للحصول على سطح خارجي أملس.
- 5- للتخلص بشكل كامل من بقايا المادة يجب إحماء بوتقة الصب إلى درجة حرارة 670-690 °م، ولمدة 45 دقيقة.

(Powers, 2002؛ Koudi and Patil, 2009؛ Braden et al., 1997) سايس،  
(2003).

### 1-3-3-4- الشموع ضوئية التصلب Light-curing waxes:

تُداول الشموع ضوئية التصلب بأسماء تجارية (مثل: Metacon) بعدة أشكال تناسب الاستعمالات السنية المتنوعة (تيجان وجسور، تعويض فوق زرعات، وصلات إحكام، أجهزة جزئية متحركة مع ضامات).

وهي عبارة عن تركيب يضم راتنجات أكريلية متنوعة ذات سلاسل كربونية منكسرة Cracked Carbon Chains، مع بادئ ضوئي مرتبط بكلا طرفي قطع السلسلة الكربونية. يُمزج هذا المكوّن الراتنجي مع تركيبة شمعية خاصة تحتوي على حمض الستيارين Stearic Acid.

#### الخصائص:

- 1- يمكن تطبيقها بشكل مشابه للشمع، كما يمكن استعمال نماذج جاهزة منها.
- 2- بعد التصلب يتمتع بمرونة وذاكرة فيزيائية Physical Memory ومثانة تسمح بتشذيبه قبل الصب.
- 3- تتمتع بثبات جيد في الأبعاد عند التصلب.
- 4- تحترق عند درجة حرارة 600° م دون ترك بقايا (0.02%).
- 5- يمكن استعماله في صنع الأجهزة الجزئية المتحركة دون الحاجة إلى نسخ الأمثلة النهائية إلى أمثلة من المادة الكاسية.
- 6- يتطلب استعماله مواد وتجهيزات عالية نسبياً.

#### طريقة العمل:

- 1- تهيئة المثال النهائي: وذلك من خلال تخطيطه، وسدّ مناطق التثبيت اللازمة بالشمع القاسي، وتطبيق رقاقات معدنية في منطقة السرج (كربلييف منطمر)، ثم يتم عزل المثال.
- 2- التشميع: تُطبّق على المثال عناصر الجهاز الجزئي الجاهزة المصنوعة من الشموع ضوئية التصلب بالاستعانة بضغط الأصابع، وتُزال الزوائد بواسطة منحتة كهربائية.
- 3- استعمال جهاز التخلية Suck-Down والتصليب الضوئي: بعد إتمام التشميع يوضع المثال في جهاز التخلية بهدف حماية المادة من التشوه أثناء التصليب الضوئي؛ حيث يُنقل المثال إلى الحامل الخاص ويُغطّى برقاقة مطاطية من اللاتكس Latex، ويتم إحكام رقاقة اللاتكس على حامل المثال بواسطة الحلقة المرفقة، حيث يمكن بدء عملية تخلية

الهواء المحصور بين المثال والرقاقة المطاطية إلى أن تلتصق الرقاقة بالمثال المُشَمَّع، ثم يُغلق الصمام ويُنقل المثال مع حامله إلى وحدة التصليب الضوئي المزودة باثني عشر مصباحاً؛ حيث تستغرق عملية التصليب ما بين 8-15 دقيقة.

4- الإنهاء: بعد إخراج المثال مع حامله من وحدة التصليب يتم فتح صمام التخلية ويُرفع النموذج عن المثال بعناية؛ حيث يمكن تشذيبه برؤوس الكاربايد الدوارة، ويُنظف في جهاز الأمواج فوق الصوتية، ثم يعاد إلى مثاله لتشكيل مجاري الصب ومتابعة عملية الصب وفقاً للطريقة المتبعة في صنع التيجان والجسور المصبوبة.

(Wichnalek, Primotec metacon, 2000؛ Mosch and Hoffmann, 2009)

(2003; Derleth et al., 1987).

### 1-3-3-5 مواد النحت ضوئية التصلب Light-curing sculpting material:

تُداول مواد النحت ضوئية التصلب بأسماء تجارية منها (Ti-Light و LUKAForm و LiWa المستعملة في الدراسة الحالية) بعدة أشكال تتناسب الاستعمالات السنية المتنوعة (تيجان وجسور، تعويض فورك زرع، وصلات إحكام، أجهزة جزئية متحركة مع ضامات). وهي عبارة عن راتنجات أكريلية، مع مكونات لها خصائص شبيهة بالشموع، بالإضافة إلى مواد مالئة.

#### الخصائص:

1- يمكن تطبيقها بالتقنية الباردة وتقنية التسخين. إلا أن عودة المادة للتماسك بعد تليينها بالحرارة يستغرق وقتاً طويلاً، مما يستدعي استعمال بخاخ خاص للتبريد.

2- بعد التصلب تتمتع بمرونة ومثانة تسمح بتشذيبها قبل الصب، رغم أن احتمال انكسار الأجزاء الدقيقة منها يبقى وارداً.

3- تتمتع بثبات جيد في الأبعاد عند التصلب.

4- تحترق دون ترك بقايا.

5- يمكن استعمالها في صنع الأجهزة الجزئية المتحركة دون الحاجة إلى نسخ الأمثلة النهائية إلى أمثلة من المادة الكاسية.

6- لا يتطلب استعمالها تجهيزات عالية الثمن.

أما طريقة استعمال هذه المواد فهي مشروحة في باب المواد والطرق.

(Wichnalek, 2003؛ Bortun et al., 2006).

## 1-4- الدراسات السابقة Previous Studies :

درس الباحثون مواد التشكيل المُصلِّبة ضوئياً من جوانب مختلفة (كخشونة السطح الأولية والمسامية الداخلية، ومشاكل التعامل مع المادة أثناء التشميع، وعمق نفوذ أشعة التصليب، و أثر مدة وظروف تخزين النماذج بعد التصليب، و....)؛ ولكن أكثر ما استرعى اهتمام الباحثين هو دراسة دقة انطباق التعويضات السنوية المصنوعة بواسطة هذه المواد نظراً لأهمية هذا الجانب؛ فهناك ما يصل إلى 75% من الأجهزة السنوية الجزئية المتحركة لا تنطبق داخل الفم في اليوم الأول للتسليم، كما إن سوء الانطباق يمكن أن يؤدي إلى حركة الأسنان المرتبطة بالجهاز وانزعاج المريض، وقد يكون سوء الانطباق السبب الرئيس في ترك ارتداء العديد من الأجهزة السنوية الجزئية المتحركة (Phoenix et al., 2003)، وسبباً في تفاقم مشاكل أخرى مثل: التسوس (خصوصاً تسوس الجذور)، والتهابات اللثة، وداء المبيضات الفموي، والتهابات الفم الناتجة عن الأجهزة السنوية، ورائحة الفم الكريهة الناتجة عن اللويحة الجرثومية التي تتراكم حول التعويض السنوي الجزئي. كما يمكن أن تكون اللويحة الجرثومية بمثابة خزان للعوامل الممرضة المسببة لذات الرئة، وأمراض جهازية أخرى (Yang et al., 2014).

وبما أن المادة لم تُطوّر لِتُستعمل في صنع الهياكل المعدنية للأجهزة الجزئية المتحركة إلا مؤخراً، فإن معظم الدراسات التي تناولت تلك المواد كانت ضمن مجال التعويضات الثابتة.

فمن الدراسات التي تناولت استعمال هذه المواد في صنع الهياكل المعدنية للأجهزة الجزئية المتحركة ما قامت به Bortun وزملاؤها عام 2006 من دراسة لمشاكل التشميع عند صنع الأجهزة المتحركة الجزئية بطريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً. حيث أُجريت الدراسة على 30 مثلاً مختلفاً لفكوكٍ درداءً جزئياً. صُنعت نماذج الهياكل المعدنية للأجهزة المتحركة الجزئية مباشرة على الأمثلة باستعمال المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً مثل:

- Ti-Light (Ti Research GbR, Mainbernheim, Germany)
- LiWa (WP Dental GmbH Bevern/Hamburg)

وقد أظهرت النتائج أن المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً قابلة للالتصاق sticky (على المثال والأدوات) وصعبة في الاستعمال. ولذلك فهي تحتاج لدقة عالية في التطبيق. كما أن النموذج المشمَّع ذو لدونة عالية، ويتطلب نزعه عن المثال قدراً كبيراً من الأناة لتجنب حدوث حالات الصدع والانكسار (Bortun et al., 2006).

ومنها ما قام به Kumar وزملاؤه عام 2010 من تقييم لدقة انطباق ضامات الأجهزة الهيكلية المصنوعة بالطريقة التقليدية مع نظيراتها المصنوعة بطريقة الشموع الضوئية المُصلِّبة ضوئياً. كما رصدت الدراسة نسبة حدوث عيوب في الصب عند استعمال كلٍ من الطريقتين؛ حيث جرى نسخُ أربعين مثلاً عن مثالٍ أصلي معدني لدرج جزئي (من الصنف 2 حسب كندي) فيه الدعامة ضاحكة محضرة لاستقبال مهماز. عشرون مثلاً منها استُعملت لتشكيل نماذج من المواد الشمعية ضوئية التصلب، والعشرون الباقية استُعملت لصنع هياكل بالطريقة التقليدية، وبعد الصب جرى تقييم دقة انطباق كل منها عياناً عند مرتكزات المهاميز باستعمال أسلاك تقويم، وقياس ثخانة المادة الطابعة المطاطية إضافية التصلب المطبقة بين المهماز ومُرتكزه على المثال الأصلي. كما استُعمل الفحص الشعاعي لتقييم عيوب الصب. وقد أظهرت النتائج تفوق مهاميز النماذج المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً على المصنوعة بالطريقة التقليدية من حيث دقة الانطباق الحفافي. وقد تبين من خلال الفحص الشعاعي أن 50% من حالات الطريقة التقليدية قد اشتملت على بعض عيوب الصب، بينما 45% من حالات طريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً اشتملت على بعض العيوب. وبهذا خلصت الدراسة إلى أن طريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً أفضل من الطريقة التقليدية من حيث الانطباق والسلامة من عيوب الصب (Kumar et al., 2010).

كما دُرِس تأثير مواد صنع النماذج: الشمعية التقليدية منها، وذات التماثر الضوئي؛ على خشونة السطح الأولية، والمسامية الداخلية للهياكل المعدنية للأجهزة السنية الجزئية المتحركة، ولكن تبين عدم وجود فروق جوهرية بين المادتين (Swelem et al., 2014).

أما الدراسات التي تناولت استعمال مواد التشكيل المُصلِّبة ضوئياً في التعويضات السنية الثابتة فمنها:

ما قام به Mojon وزملاؤه في عام 1990 من دراسة لتغير الأبعاد التماثري بالنسبة لنوعين من الراتنجات الأكريلية ذاتية التصلب المستعملة في صنع النماذج المعدة للصب. حيث قيست بدايةً التغيرات الحجمية، ثم سُجِّلت التغيرات الخطية بواسطة المحولة التحريضية Inductive Transducer. وقد أظهر قياس التغيرات الحجمية بعد 24 ساعة أن نسبة التقلص كانت 7.9% بالنسبة لمادة Duralay resin، و6.5% بالنسبة لمادة Palavit G resin؛ وأن 80% من هذه التغيرات ظهرت خلال 17 دقيقة الأولى وذلك في درجة حرارة

الغرفة. وقد ازداد التقلص بشكل جوهري عندما انخفضت نسبة المسحوق في المزيج (Mojon et al., 1990).

كما قام Iglesias وزملاؤه في عام 1996 بدراسة مقارنة حول دقة الانطباق الحفافي بالنسبة للتيجان والحشوات المصبوبة Inlay ما بين أربعة من مواد التشكيل (الشمع، والأكريل ذاتي التصلب Duralay، ونوعين من الراتنج ثنائي الأكريلات المُصلَّب ضوئياً وهما Palavit G LC، و Triad VLC Burnout Paste). حيث صُنعت النماذج بطريقتي الطبقات Incremental Technique والكتلة الواحدة Bulk Technique على دعامة جبسية منسوخة (بواسطة مواد طابعة سيليكونية إضافية للتصلب) عن دعامة MOD ودعامة تاج كامل رئيسيتين مُعتمَدتين من الجمعية الأمريكية لطب الأسنان ADA، وقد قيست الفُرجة Gap بواسطة المجهر الضوئي عند أربع نقاط على الدعامتين الرئيسيتين بعد ساعة من الصنع، وبعد 24 ساعة. وقد أظهرت النتائج أنه بالنسبة للحشوات فالفُرجات المُقاسة في حالات الراتنجات الثلاثة أصغر منها في حالة الشمع وبشكل دال إحصائياً. أما بالنسبة لنماذج التيجان الكاملة فقد تراوحت الفُرجة الحفافية ما بين (10-23 ميكرون)، باستثناء نماذج الراتنج الأكريلي ذاتي التصلب المُطبَّق بطريقة الكتلة الواحدة فقد تراوحت ما بين (40-46 ميكرون). بالنسبة لطريقة الطبقات كانت الفُرجة أصغر مع الراتنجات الضوئية والشمع منها مع الراتنج ذاتي التصلب وبفرق دال إحصائياً. أعطت طريقة الطبقات بشكل عام فُرجات حفافية أصغر أو تساوي نظيراتها في طريقة الكتلة الواحدة، وذلك بالنسبة لنماذج التيجان الكاملة. كما ظهر أن القياسات المُسجَّلة بعد ساعة أصغر إجمالاً من تلك المُسجَّلة بعد 24 ساعة.

وبذلك خلُصت الدراسة إلى أنه عندما أُجريت القياسات على الدعامة الرئيسية داخل وخارج التاج Intra- and Extracoronal ظهر أن الراتنج ثنائي الأكريلات المُصلَّب ضوئياً يتمتع بانطباق حفافي أفضل أو مماثل إذا ما قارناه مع الشمع أو الراتنج الأكريلي ذاتي التصلب، وهو أقل تأثراً بطريقة التطبيق ومدة التخزين. وقد تراوحت الفُرجات الحفافية بالنسبة للمواد الأربع ما بين (7-46 ميكرون)، وهي ضمن المجال المقبول سريرياً (Iglesias et al., 1996).

عام 1999 نشر Whitworth وزملاؤه نتائج دراسة مقارنة بين الراتنج المركب الضوئي العادي، والمواد المُصلِّبة ضوئياً المستعملة لصنع النماذج المعدة للصب؛ من حيث عمق التصلُّب، ومقدار التقلص التماثري. اعتمد في قياس عمق التصلُّب على مقياس نفاذية الأشعة Penetrometer، حيث أظهرت النتائج أن عمق تصلُّب هذه المواد مشابه لتلك التي يتمتع بها الراتنج المركب المستعمل في الترميم، وهو يتراوح ما بين 3.52 ملم (Lumin-X paste) إلى 6.76 ملم (Visioform) بعد 30 ثانية من التصليب بالضوء المرئي. هناك فروقات جوهرية بين المواد الثلاثة المُختبِّرة من حيث عمق التصلُّب ( $P=0.001$ ). جرى تقييم التقلص التماثري بطريقة محوِّلة الحمل الأصغري Minimal Load Transducer Method. وقد تراوحت القيم ما بين 0.45% (Lumin-X paste) إلى 1.89% (Visioform) وهي أدنى مما تم تسجيله مع الراتنج المركب المستعمل في الترميم. وقد كانت الفروق جوهرية بين كل من المواد الثلاثة المُختبِّرة من حيث التقلص التصلُّبي. وبذلك خلُصت الدراسة إلى أن المواد المُصلِّبة ضوئياً المستعملة لصنع النماذج المُعدَّة للصب تُشبه الراتنج المركب المُستعمل في الترميم إلى حد ما من ناحية السلوك التصلُّبي Cure Behaviour، وعلى ذلك يمكن استعمال تلك المادة بطريقة الطبقات Incrementally المتبَّعة في تطبيق راتنج الترميم (Whitworth et al., 1999).

عام 2005 درس Abdullah و Al Jabab تأثير مدة التخزين على الانطباق الحفافي لنماذج التيجان الكاملة المصنوعة من الشمع، والأكريل ذاتي التصلب، والأكريل الضوئي. حيث تمَّ صنع نماذج التيجان الكاملة على أمثلة العمل الجبسية المنسوخة عن دعامة الفولاذ المقاوم للصدأ المعتمدة من الجمعية الأمريكية لطب الأسنان بواسطة البولي فينيل سيلوكسان. بعد تخزين ثلاثين نموذجاً من كل مادة على المثال الموافق ضمن درجة حرارة الغرفة لمدة ساعة واحدة، ولمدة أربع وعشرين ساعة تمَّ تقييم الفُرجة الحفافية على الدعامة المعدنية الرئيسية؛ ثمَّ أُجري بعد ذلك التحليل الإحصائي باستخدام تحليل التباين ANOVA واختبار t المزدوج.

أشارت النتائج إلى أن الانطباق الحفافي المُقيَّم بعد ساعة كان أفضل من المُقيَّم بعد 24 ساعة لكل من النماذج الثلاثة، وأن الفجوات الحفافية في كلتا الحالتين كانت بالنسبة للنماذج الشمعية هي الأكبر، تليها نماذج الراتنج الأكريلي الضوئي Triad، ثمَّ نماذج الراتنج الأكريلي ذاتي التصلب Duralay (Abdullah and Al Jabab, 2005).

عام 2007 قام Ghanbarzadeh وزملاؤه بدراسة تأثير مدة وشروط التخزين على تغير أبعاد نماذج القلوب المعدنية المصنوعة من الراتنج الأكريلي.

في هذه الدراسة المخبرية تمّ نسخ قلب معدني أسطواني الشكل بمادة طابعة سيليكونية تكافئية التصلب، وصبها بالراتنج الأكريلي Duralay للحصول على ثلاثين نموذجاً عن القلب المعدني الأصلي. قُسمت العينة إلى ثلاث مجموعات A و B و C شمل كل منها عشرة نماذج؛ حيث حُزنت المجموعة A في جو جاف ودرجة حرارة 25° مئوية، والمجموعة B في وسط رطب 100% ودرجة حرارة 25° مئوية، والمجموعة C غمرت بالماء في الثلجة في درجة حرارة 4° مئوية. أطوال الأوتاد الجذرية وأقطارها وأقطار القلوب جرى قياسها باستعمال جهاز القياس البصري بعد الصنع مباشرة وبعد مدة تخزين 24 ساعة و 48 ساعة. ثمّ جرى تحليل البيانات باختبار الانحدار التراجعي Rank regression test.

أظهرت النتائج أن نمط التغير في الأبعاد في هذه الدراسة هو التقلص. فقد ظهر فرق جوهري في قطر الوتد الجذري بين المجموعة B والمجموعتين A و C ( $P=0.001$ ). كما تأثر قطر الوتد الجذري بمدة التخزين بشكل جوهري ( $P<0.001$ )، بخلاف طول الوتد الجذري وقطر القلب.

وبذلك خلّصت الدراسة إلى أن الشروط المثلى لتخزين نماذج القلوب المعدنية المصنوعة من الراتنج الأكريلي هي أن تكون رطوبة وسط التخزين 100% ودرجة حرارته 25° مئوية، ولمدة 24 ساعة. في حين أبدى زمن التخزين أثراً سلبياً على ثبات أبعاد النماذج الأكريلية (Ghanbarzadeh et al., 2007).

لقد طُرحت في الآونة الأخيرة مواد شمعية مصلّبة ضوئياً لاستعمالها في صنع الهيكل المعدني للأجهزة الجزيئية بشكل مباشر دون الحاجة لمراحل نسخ المثال. وبما أن إحدى واجبات الباحث العلمي هي التصدي للمواد الجديدة التي تطرحها الشركات المنتجة، وذلك لدراسة خصائصها وفوائدها (وكشف زيف ادعاءاتها أحياناً)، فقد رأينا ضرورة البحث في انطباق الهيكل المعدني للأجهزة السنوية المتحركة المصنوعة باستعمال الشموع المصلّبة ضوئياً لمقارنتها مع الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية، وذلك بعد أن فتّشنا فلم نجد أبحاثاً حول هذه المواد ودقة انطباقها، ومن هنا أتت فكرة هذا البحث.

الباب الثاني  
المواد والطرق  
*Materials and methods*

## 2-1- مواد البحث:

1- نموذج معدني من الألمنيوم لفك سفلي أورد جزئياً (الشكل 1).

2- مادة طبع سيليكونية إضافية التصلب ذات أساس فينيل بوليسيلوكسان لنسخ النموذج المعدني (الشكل 3)، ماركة Ormaduplo 22، إنتاج:

Major Prodotti Dentari S.P.A. via Einaudi 23, 10024 Moncalieri (TO) – ITALY.

3- جبس حجري محسن ذو لون بني مصفر من النمط الرابع منخفض التمدد التصليبي (%0.09) (الشكل 2)، ماركة BegoStone plus، إنتاج:

BEGO Bremer Goldschlagerei wilh. Herbst GmbH & Co. D-28359, Bremen, Germany.



الشكل 2: مادة الطبع السيليكونية Ormaduplo 22



الشكل 1: مثال الألمنيوم الرئيس



الشكل 4: مجموعة الشموع الجاهزة للأجهزة الهيكلية Bego



الشكل 3: الجبس الحجري المحسن BegoStone plus

4- مجموعة شموع جاهزة لتشميع الأجهزة الهيكلية بالطريقة التقليدية (الشكل 4)، إنتاج:

BEGO Bremer Goldschlagerei wilh. Herbst GmbH & Co. D-28359, Bremen, Germany.

5- مجموعة الشموع الضوئية الخاصة بالأجهزة الهيكلية، مع ملحقاتها (الشكل 5)، ماركة

WP Dental ، إنتاج:

Willmann & Pein GmbH, Barkhorner D-25355 Bevern/Hamburg Germany.

وهي تشمل:

LiWa-Chrom-Cobalt Set:

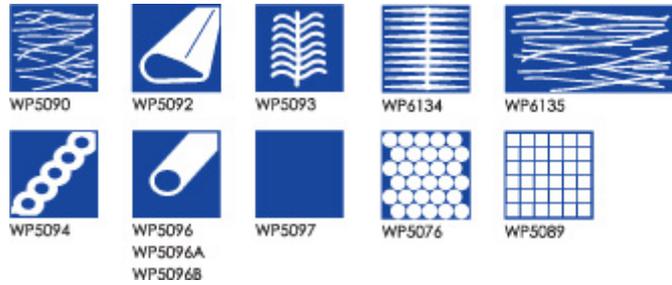
- LiWa I, 20 g
- LiWa Iso Step I + II, 10 ml
- LiWa Akti Bond, 10 ml

LiWa Form:

- Molar clasps, 5 x 18 pcs.
- Retention grid meshes, squared holes, 5 pcs.
- Stippled plates, large size approx. 150 x 75 mm, 8 pcs.
- L-jaw bars, approx. 4 mm, 25 pcs.
- Retentions, 10 pcs.
- Ring clasps, 5 x 20 pcs.

بالإضافة إلى:

- LiWa II, 20 g
- LiWa Cool, 200 ml
- Finish Varnish, 10 ml
- Universal Isolant, 10 ml
- LiWa Form assortments



الشكل 5: مجموعة الشموع الضوئية الخاصة بالأجهزة الهيكلية، مع ملحقاتها WP Dental

6- أسلاك ضامات ذات مقطع دائري قطر 0.9 ملم لحماية الهيكل الشمعي المصلب ضوئياً من الالتواء بعد نزعها عن المثال (الشكل 6)، إنتاج:

Dentaurum GmbH & Co. KG. Turnstraße 31 · 75228 Ispringen · Germany.

7- أسلاك شمع أسطوانية بقطر 3.5 ملم لتشكيل مجاري الصب (الشكل 7)، إنتاج:

BEGO Bremer Goldschlagerei wilh. Herbst GmbH & Co. D-28359, Bremen, Germany.

8- مادة ناسخة غروية ردودة لنسخ أمثلة الطريقة التقليدية (الشكل 8)، ماركة Castogel، إنتاج:

BEGO Bremer Goldschlagerei wilh. Herbst GmbH & Co. D-28359, Bremen, Germany.

9- مادة كاسية ذات رابطة فوسفاتية مقاومة للحرارة لكسو النماذج الشمعية من أجل صيها بطريقة الشمع الضائع مع سائل المزج الخاص بها (الشكل 9)، ماركة Cobavest، إنتاج:

YETI Dentalprodukte GmbH Industriestrasse 3 D-78234 Engen - Germany.

10- خليطة كوبات كروم لصب هياكل الأجهزة الجزئية (الشكل 10)، ماركة Wironit، والمكونة من كوبات 64%، كروم 28,65%، موليبيديوم 5%، سليسيوم 1%، منغنيز 1%، كربون 0,35% إنتاج:

BEGO Bremer Goldschlagerei wilh. Herbst GmbH & Co. D-28359, Bremen, Germany.



الشكل 7: أسلاك شمعية لتشكيل مجاري الصب



الشكل 6: أسلاك ضامات ذات مقطع دائري



الشكل 8: المادة الناسخة الغروية Castogel



الشكل 10: خليطة الكروم كوبالت Wironit



الشكل 9: المادة الكاسية Cobavest

## 2-2- أدوات وأجهزة البحث:

1- مُخَطِّطٍ سنيّ Dental Surveyor (الشكل 11)، إنتاج:

Ney Dental Surveyor, Courtesy of JM Ney Co., Hartford, Conn. USA.

2- أدوات نسخ الأمثلة وصبها (الشكل 12).

3- أدوات التشميع وتشمل مناحت عادية ومنحثة كهربائية (الشكل 13)، ماركة WP

Dental ، إنتاج:

Willmann & Pein GmbH, Schusterring 35, 25355 Barmstedt/Hamburg/  
Germany.

4- وحدة تصليب ضوئي خاصة بالشموع الضوئية UV-light curing unit مزودة

بمروحة للتبريد (الشكل 14)، ماركة WP Dental ، إنتاج:

Willmann & Pein GmbH, Schusterring 35, 25355 Barmstedt/Hamburg/  
Germany.



الشكل 12: أدوات نسخ الأمثلة وصبها.



الشكل 11: المُخَطِّط Ney Surveyor.



الشكل 14: وحدة تصليب ضوئي ماركة LiWa Light



الشكل 13: منحثة كهربائية ماركة LiWaxer

5- أدوات نسخ أمثلة المادة الكاسية وكسو البواتق (الشكل 15).

6- حملاج غاز-أوكسجين Gas-oxygen blowtorch لصهر المعدن (الشكل 16).

7- جهاز الصب بالقوة النابذة نصف آلي (الشكل 17)، ماركة TS-1، إنتاج:

Degussa-Hüls, Frankfurt, Germany.

8- فرن إحماء بواتق الصب (الشكل 18)، ماركة Miditherm، إنتاج:

BEGO Bremer Goldschlagerei wilh. Herbst GmbH & Co. D-28359, Bremen, Germany.



الشكل 16: حملاج غاز-أوكسجين

الشكل 15: أدوات نسخ أمثلة المادة الكاسية وكسو البواتق



الشكل 18: فرن إحماء ماركة Miditherm



الشكل 17: جهاز صب بالقوة النابذة ماركة TS-1

9- مرملة لإزالة بقايا المادة الكاسية والأكاسيد عن الهيكل المصبوب (الشكل 19)، ماركة EasyBlast، إنتاج:

BEGO Bremer Goldschlagerei wilh. Herbst GmbH & Co. D-28359, Bremen, Germany.

10- رؤوس كاربوراندوم لتشذيب المعدن تتركب على متور وقبضة صناعية (الشكل 20).



الشكل 20: أدوات تشذيب المعدن



الشكل 19: مرملة ماركة EasyBlast

11- ملزمة لنتيبت الهياكل المعدنية المصبوبة على المثال المعدني الرئيس أثناء قياس الفرجة المُتشكَّلة بينها (شكل 21).

12- آلة تصوير ضوئي رقمية داخل فموية (الشكل 22)، ماركة USB Mini Camera Illustration، إنتاج: WTH, China، وتتمتع بالمواصفات التالية:

- دقة الصورة Image Resolution: 480 كيلوبيكسل.
- مستوى الإضاءة Illumination: 2-3 لوكس.
- مجال التركيز Focus Rang: 8-12 ملم.
- طريقة الارتباط Interface: USB1.1
- الوزن: 206 غرام.



الشكل 21: ملزمة لتثبيت العينات على المثال أثناء القياس      الشكل 22: كاميرا رقمية USB Mini Camera Illustration

13- حاسوب شخصي.

14- البرنامج الحاسوبي Adobe Photoshop CS5 ME الإصدار: 12.0 ، إنتاج: Adobe Systems Inc, San Jose, CA. USA. الخاص بمعالجة الصور الرقمية. استعمل لقياس الفرجة الحفافية المُتشكّلة بين الهياكل المصبوبة للأجهزة السنية الجزئية المتحركة والمثال المعدني الرئيس، عند نقاط مُحدّدة تمّ تصويرها رقمياً مكبّرةً، وإدخالها للحاسوب، ومعالجتها بواسطة هذا البرنامج.

15- البرنامج الحاسوبي StillCap الإصدار: 4.2.1.19، الخاص بالنقاط الصور عن آلات التصوير المتصلة بالحاسوب وحفظها.

2-3- طرق البحث:

2-3-1- وصف عينة البحث:

تألّفت عينة البحث من 30 هيكلًا معدنيًا لجهاز جزئي، تم صنعها على 30 مثالاً جسيماً حجرياً type IV، حيث قسمت إلى مجموعتين اثنتين متساويتين وفقاً لطريقة الصنع المتبعة:

1- المجموعة الشاهدة: مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية، وعددها 15 جهازاً.

2- المجموعة المدروسة: مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المصلبة ضوئياً، وعددها 15 جهازاً.

حيث جرى نسخ الأمثلة الجبسية التي صُنعت عليها الهياكل المعدنية عن مثال معدني رئيس Master Cast وحيد، مُجهَّز لهذا الغرض؛ وقد تمت مراعاة المواصفات التالية في المثال المعدني الرئيس:

1- مثال معدني (ألمنيوم) لفكٍ سفليٍّ أُدرِّد جزئياً، من الصَّنْف الثالث تعديل واحد حسب Kennedy، الفقد فيه ضاحكة ثانية ورحوان في الجهة اليمنى، وضاحكة ثانية ورحى أولى في الجهة اليسرى.

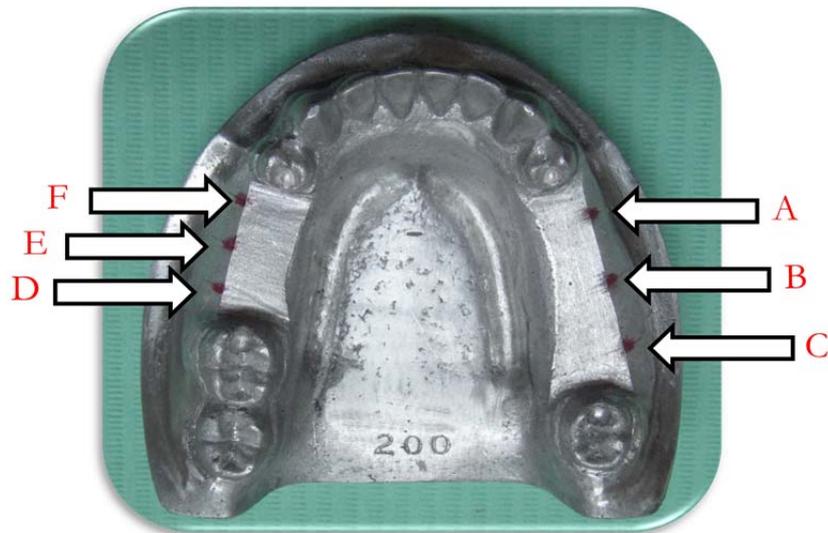
2- أماكن المهاميز مُحضَّرة على الدعامات الأربع في الوهاد الإطباقية المجاورة للدرد.

3- سطوح الإرشاد مُحضَّرة لثُحَقَّقَ التوازي مع خط إدخال الجهاز دون الحاجة إلى ريليف إدخال، وقد تمَّ التحقق من ذلك باستعمال المُخَطِّطِ السنيِّ Surveyor.

4- المثال مُزوَّدٌ بريليف صنع على الدعامات الأربعة لرسم مسار الأذرع المثبتة عند عمق تثبيت مقداره 0,25 ملم. وقد تمَّ التُحَقُّقُ من ذلك باستعمال المُخَطِّطِ السنيِّ.

5- تم تحضير المناطق السرجية للمثال بحيث شكَّلت سطحاً مستوياً موازياً للقاعدة، وينتهي بحافتين واضحتين من الجانبين الدهليزي واللساني للحافة السنخية.

6- حُفرت أثلام عمودية دقيقة إلى الدهليزي من منطقة السرج في كلا الطرفين لتحديد النقاط التي سيتم عندها قياس الفرجة Gap المُتشكَّلة بين المثال والهيكَل المعدني بعد الصب؛ بحيث قَسِّمَت هذه الأثلام المسافة السرجية بين الدعامتين في كل طرف إلى أربعة أقسام متساوية. وبذلك تحدد على المثال ست نقاط ثابتة يمكن إجراء القياسات عندها (A, B, C, D, E, F) (الشكل 23).



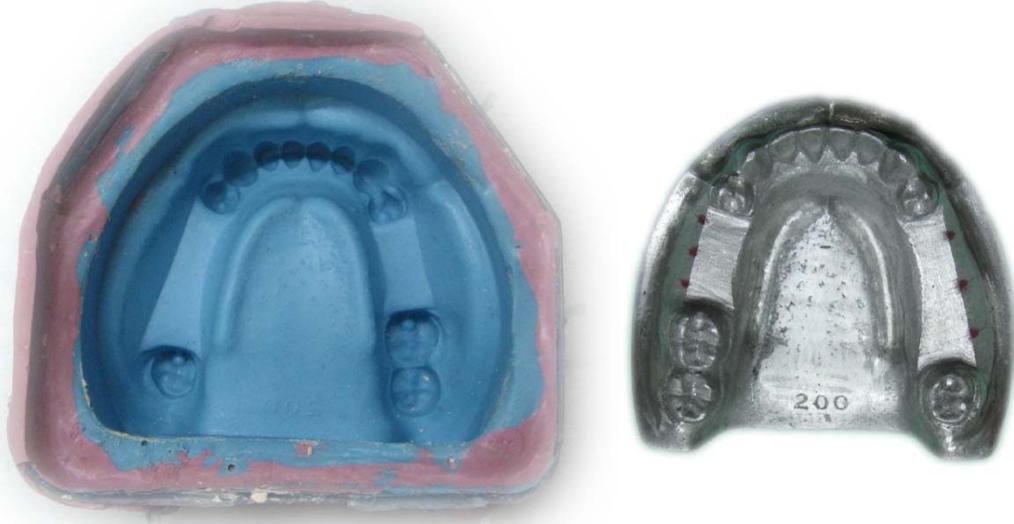
الشكل 23: النقاط الست المحددة على المثال المعدني الرئيس لإجراء القياسات عندها

### 2-3-2- طريقة العمل:

تمّ إنجاز العمل وفقاً للمراحل التالية:

المرحلة الأولى (نسخ أمثلة العينة):

أ- تمّ نسخ المثال المعدني الرئيس باستخدام مادة الطبع السيليكونية إضافية التصلب Ormaduplo 22 ضمن بواتق النسخ الخاصة (الشكل 24).



الشكل 24: نسخ المثال المعدني الرئيس باستخدام مادة الطبع السيليكونية إضافية التصلب

ب- تمّ صبّ ثلاثين نسخة بالجبس الحجريّ المحسّن من التّمط الزّابغ BegoStone plus، للحصول على مجموعتين تضم كل منها 15 مثلاً (الشكل 25).



الشكل 25: صب 15 مثلاً جيبياً لكل من مجموعتي العينة

### المرحلة الثانية (صنع هياكل مجموعة الطريقة التقليدية):

تم نسخ الأمثلة الخمسة عشر الخاصة بمجموعة الطريقة التقليدية. وتشمئعها لعمل هياكل معدنية مصبوبة لأجهزة جزئية متحركة. يتألف كل منها من قوس لسانية، وضامات إيكز البسيطة على الرحوين والضاحكتين المجاورتين للرد مع سروج مصمتة. وقد تم صنع كل هيكل من هياكل هذه المجموعة وفقاً للتفصيل التالي:

أ- النسخ Duplicating: بعد إشباعه بالماء وُضع المثال ضمن بوتقة النسخ Duplicate Box، وبعد صهر مادة النسخ الغروانية الرودة (الآغارآغار) Castogel، وفي درجة حرارة 63 ° م تم صبها في البوتقة، وتُركت لتبرد من خلال إحاطتها بماء بارد ولتتحول إلى القوام الجيلاتيني خلال ساعة تقريباً. بعد ذلك تم فتح البوتقة ونزغ المثال الجبسي، ثم مُزجت كمية كافية من مسحوق المادة الكاسية Cobavest مع سائل المزج المرفق معها بَدْرَ المسحوق فوق السائل وفقاً للنسبة الموصى بها من الشركة المنتجة: لكل 100 غرام مسحوق 21 مل سائل بتركيز 70% (أي 14 مل سائل مُزج مع 6 مل ماء مقطر)، مع الانتباه إلى أن المزج يتم على الهزاز الآلي لمدة دقيقتين، ومن ثم الصب. تتصلب المادة الكاسية خلال 30 دقيقة (الشكل 26)، وهنا يُنصح بعدم التأخر في نزع مثال المادة الكاسية المنسوخ عند استعمال الآغارآغار في النسخ (Phoenix et al., 2003).



الشكل 26: النسخ إلى أمثلة المادة الكاسية بواسطة الآغارآغار

ب- التقسية Hardening: بعد تجفيفه لمدة 30 دقيقة في درجة حرارة 93 ° م عُمس مثال المادة الكاسية بشمع النحل المنصهر في درجة حرارة 145 ° م لمدة 15 ثانية، وذلك لتحسين مقاومة المثال المنسوخ ضد الخدش، ولتسهيل عملية تشميع الهيكل التالية (بسيسو، 2001).

ج- التشميع Modelling: استُعملت مجموعة شموع جاهزة من إنتاج شركة Bego لتشميع هيكلٍ لجهازٍ جزئيٍّ متحركٍ يضمُّ العناصر التالية: وصلة كبرى عبارة عن قوس لسانية، ضاماتٍ يركز البسيطة على الرحوين والضاحكتين المجاورتين للدرد، مع سروج مصمتة، ووصلاتٍ صغيرةٍ وذلك باستعمالٍ مناحت الشمع والقنديل الكحولي (الشكل 27).



الشكل 27: تشميع هياكل المجموعة التقليدية

د- تشكيل مجاري الصب Spruing: وهي عبارة عن أوتاد شمعية أسطوانية الشكل قطرها 3.5 ملم، حيث تمَّ قطع أربعةٍ مجاريٍّ للصب بطول 2 سم تقريباً، وألصق كلُّ منها إلى الأسفل واللساني من الدعامات الأربع بشكلٍ مائلٍ، بحيث التقت المجاري الأربعة في نقطة متوسطة، وعند هذه النقطة تمَّ إلصاق قمع بلاستيكي Funnel former، ليُشكَّل فيما بعد قمع الصبِّ، والذي يُمثَّلُ مدخل المعدن المنصهر إلى البوتقة (الشكل 28).

هـ- الكسو Investing: بعد تشكيل مجاري الصب تمَّ تثبيت مثال المادة الكاسية على قاعدة الصب المطاطية ذات الحجم المناسب، في وضعية متوسطة تؤمّن ابتعاد الأجزاء المحيطة للنموذج الشمعي عن جدران البوتقة لمسافة كافية، وأُحيط المثال بمُشكِّلة قالب البواتق Mould Former المطاطية الخاصة، التي تمَّ إحكامُ تثبيتها مع القاعدة بواسطة شمع الصف (الشكل 29). بعد ذلك مُزجت كمية مناسبة من المادة الكاسية وفقاً للنسبة والطريقة آنفة الذكر. وتمَّ صبُّها على الهزاز الآلي، مع الاستعانة بفرشاة ناعمة لتجنب احتباس فقاعات الهواء في المناطق الصعبة.



الشكل 29: كسو نماذج هياكل المجموعة التقليدية



الشكل 28: تشكيل مجاري الصب

و- الإحماء Burnout: الغرض منه التخلص من رطوبة البوتقة وطرده الغازات، وإذابة النموذج الشمعي ليبقى مكانه فارغاً لاستقبال المعدن المنصهر فيما بعد، والحصول على تمدد يكافئ التقلص الذي سيحدث للمعدن المنصهر بعد تصلبه، بالإضافة لحماية المعدن المنصهر من التصلب سريعاً قبل وصوله إلى الأطراف البعيدة والدقيقة من النموذج المصبوب. وقد تمت في فرن الإحماء Miditherm (الشكل 30)، وفقاً لدورة الإحماء التقليدية التي أوصت بها الشركة المنتجة للمادة الكاسية (الجدول: 3). كما تمّ أيضاً إحماء بوتقة صهر المعدن Crucible، وهي الحجرة التي يُصهر المعدن داخلها.



الشكل 30: إحماء بوتقة الصب

جدول 8: دورة إحماء المادة الكاسية

استمرار درجة الحرارة النهائية	درجة الحرارة النهائية	معدل ارتفاع درجة الحرارة	درجة الحرارة البدئية	بداية الإحماء
60-30 دقيقة حسب حجم وعدد البواتق	950-1050° م	250° م (5° م/دقيقة) 570° م (7° م/دقيقة)	حرارة الغرفة	بعد كسو البوتقة بـ 30 دقيقة على الأقل

ز- صب المعدن Casting: بعد انتهاء دورة إحماء البوتقة في الفرن وتحفيز نابض جهاز الصب نصف الآلي Degussa TS-1، جرى صهر 25 غرام من خليطة الكوبالت كروم Wironit ضمن بوتقة صهر المعدن الخارجة للفرن من الإحماء باستعمال حملاج الغاز-أوكسجين. في هذه الأثناء أُخرجت البوتقة من الفرن ووضعت في الحاضنة المخصصة لها في جهاز الصب، وعند التحقق من انصهار كامل المعدن وصار ضغط اللهب قادراً على تحريك المعدن المصهور بشكل واضح تم فتح قفل نابض الجهاز لينطلق المعدن المنصهر بقوة الدوران النابذة لصب البوتقة، وتُركت لتبرد في حرارة الغرفة.

ح- إنزال الهيكل المعدني على المثال الجبسي: تمَّ إخراج الهيكل المصبوب من بوتقة الصب وتنظيف بقايا المادة الكاسية وترميته Blasting في جهاز EasyBlast، ثمَّ أزيلت الزيادات المعدنية بالأدوات الدوّارة، وحُمِلَ الهيكل المصبوب على المثال الجبسي دون فصل مجاري الصب عنه (الشكل 31).

(Carr and Brown, 2011؛ Gay, 1978؛ Phoenix et al., 2003؛ بيسيو، 2001؛

الحكيم ووزير، 2000)



الشكل 31: إنزال الهيكل المصبوب على مثاله الجبسي

### المرحلة الثالثة (صنع هياكل مجموعة طريقة الشموع الضوئية):

حيث تم تشميع نماذج مشابهة لتصميم المجموعة التقليدية على الأمثلة النهائية مباشرة دون اللجوء إلى نسخها بالمادة الكاسية. وقد تمّ صنع كل هيكل من هياكل هذه المجموعة وفقاً للتفصيل التالي:

أ- عزل المثال الجبسي Isolation: تمّ على مرحلتين باستخدام المادتين LiWa Iso Step I + II المرفقتين مع مجموعة الشموع الضوئية LiWa؛ حيث يترك المثال 50 ثانية ليُجف بعد دهن طبقة خفيفة من المادة الأولى بواسطة الفرشاة المرفقة مع العبوة، و30 ثانية بعد دهن المادة الثانية.

ب- التشميع Modelling: على المثال الجبسي المعزول مباشرة بدون نسخ جرى تشميع هيكلٍ يحمل نفس تصميم أجهزة المجموعة الأولى (الشكل 32)، وذلك باستعمال المادة موضوع البحث LiWa-Chrom-Cobalt. وقد استُعملت في التشميع المنحّطة الكهربائية LiWaxer.



الشكل 32: تشميع هياكل مجموعة الشموع الضوئية

ج- تدعيم النموذج: وتمّ بإلصاق أسلاك ضامات مستديرة قطرها 0.9 ملم بين السرجين الأيمن والأيسر (الشكل 33).

د- التصليب الضوئي للنموذج Light Curing: وقد تمّ داخل وحدة التصليب الضوئي الخاصة بالمادة لمدة 6 دقائق قبل نزع النموذج عن المثال، ودقيقتين من الوجه الداخلي للنموذج بعد نزعه (الشكل 34).



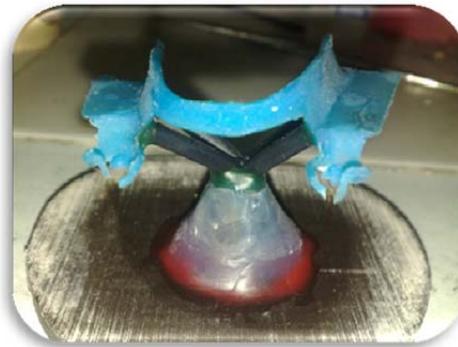
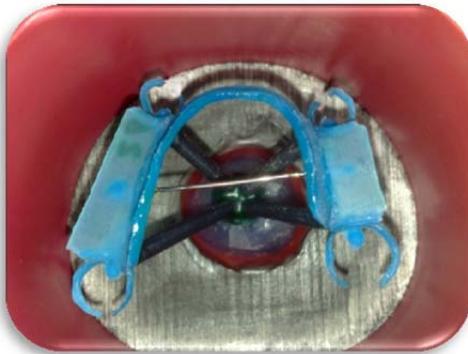
الشكل 34: النموذج المُصلَّب ضوئياً بعد نزع



الشكل 33: تدعيم نموذج الشمع المُصلَّب ضوئياً

٥- تلميع النموذج المُصلَّب ضوئياً Surface Conditioning: بعد إزالة الزوائد غير المرغوب فيها بواسطة الأدوات الدوارة، أعيد النموذج المُصلَّب ضوئياً إلى المثال الجبسي، وطُبِّقَت مادة التلميع Finish Varnish المرفقة مع مجموعة الشموع الضوئية LiWa على السطح الخارجي للنموذج الشمعي بواسطة الفرشاة، وأعيد تصليبها ضمن وحدة التصليب الضوئي لمدة دقيقتين.

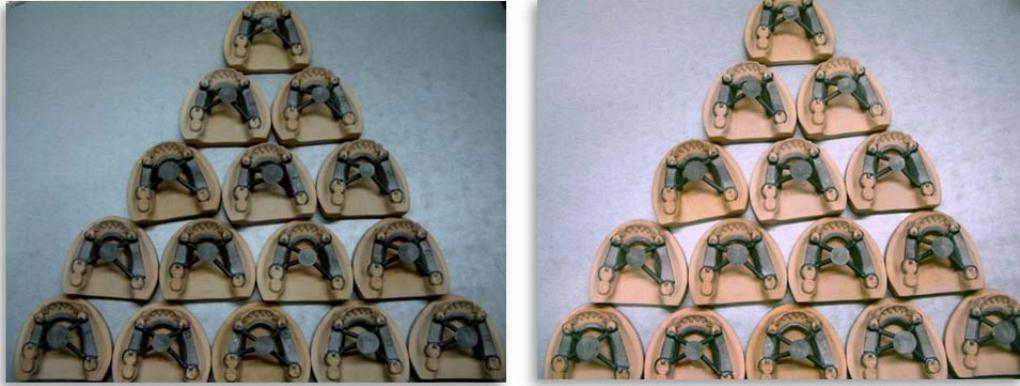
٦- تشكيل مجاري الصب والكسوة والإحماء وصب المعدن وإنزال الهيكل المعدني على المثال الجبسي خطوات تم إجراؤها تماماً كخطوات عمل المجموعة الأولى، إلا أن تثبيت النموذج المُشَمَّع على قاعدة الصب تم من خلال قمع الصب باعتبار أن الكسوة هنا يتم بدون مثال (الشكل 35) (Wichnalek, 2003).



الشكل 35: تثبيت النموذج المُصلَّب ضوئياً على قاعدة الصب

ومع نهاية هذه المرحلة من العمل أصبح لدينا ثلاثون هيكلاً معدنياً لجهاز جزئي متحرك محمولةً على أمثلتها الجبسية. صُنِعَ نصفها بالطريقة التقليدية، والنصف الآخر صُنِعَ بطريقة

الشموع الضوئية المُصلَّبة ضوئياً (الشكل 36). وبهذا أصبحنا مستعدين لاختبار انطباق الهياكل على المثال الرئيس.

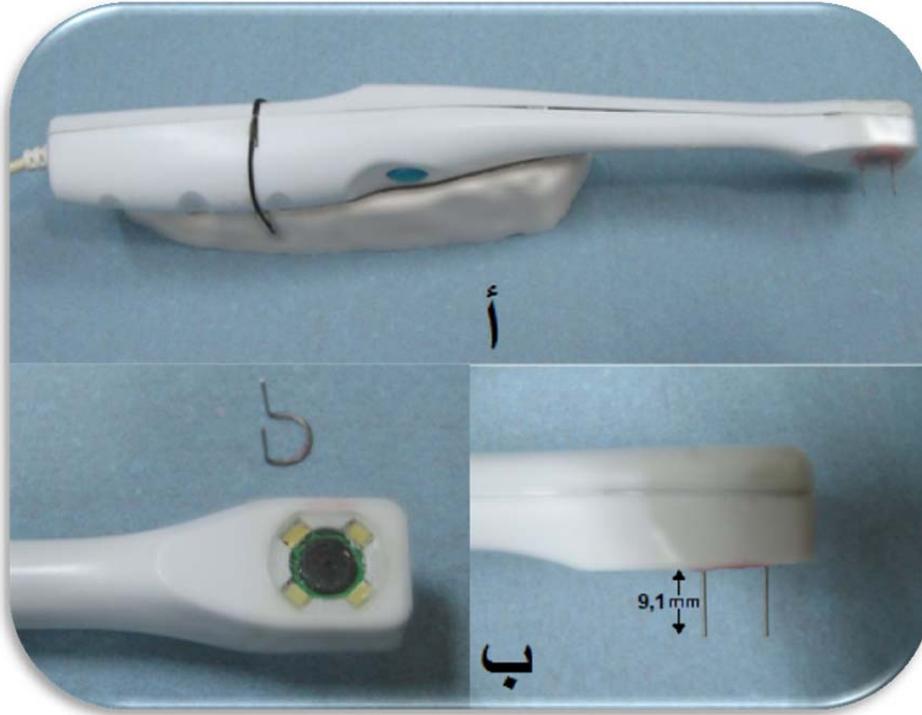


الشكل 36: هياكل المجموعتين بعد إنزالها على أمثلتها الجسبية

#### المرحلة الرابعة (اختبار الانطباق):

حيث تم نقل كل هيكل من هياكل المجموعتين إلى المثال المعدني الرئيس، وقياس الفرجة المُتَشَكِّلة بين السرج المصمت والمثال المعدني عند النقاط الست A، B، C، D، E، F المحددة على المثال المعدني، من خلال التحليل الحاسوبي للصور الضوئية الرقمية المكبَّرة المُلتقطة لهذه النقاط بواسطة آلة تصوير داخل فموية، وفقاً للتفصيل التالي:

أ- تجهيز آلة التصوير: تمّ توصيل آلة التصوير WTH' USB Camera بالحاسوب عن طريق وصلة USB، وتعريف الجهاز عن طريق برنامج التعريف المُرفق، والذي يتضمن التطبيق StillCap الذي يعيد عرض البيانات الواردة من آلة التصوير على شكل صور، ويمكن من خلاله التقاط الصور وحفظها على الحاسوب. وقد ضُبط حجم الصورة Size على القيمة 640\*480، وصيغة البيانات Format على الخيار RGB24. كما تمّ تثبيت آلة التصوير على قاعدة تؤمّن لها توازناً أفقياً؛ بحيث يتعامد القطر الشاقولي لعدسة التصوير مع مستوى الاستناد الأفقي، وبالتالي يتوازى محور العدسة مع مستوى الاستناد (الشكل 37-أ)، مما يؤمن سقوط محور العدسة بشكل عمودي على الفرجة المُقاسة عندما يكون المثال الرئيس في وضعية أفقية. كما زُوِّدت آلة التصوير بمُحدِّدة مسافة ذات شعبتين متوازيتين قائمتين على مستوى عدسة التصوير طول كل منهما 9.1 ملم (الشكل 37-ب).



الشكل 37: أ- آلة التصوير مثبتة على قاعدة تؤمن لها توضعاً أفقياً، ب- آلة التصوير مُزوَّدة بمُحدِّدة مسافة ذات شعبتين.



الشكل 38: تماس شعبتَي مُحدِّدة المسافة مع الحرف الدهلزي للسرّج يضمن توازيه مع العدسة.

ب- تجهيز ساحة التصوير (الشكل 39): تُبَّت كل هيكل معدني من العينة قبل تصويره على المثال المعدني الرئيس بواسطة ملزمة؛ وذلك للاحتفاظ بوضعية ثابتة للهيكل المعدني على المثال الرئيس. وقبل كل لقطة كان يُعاد ضبط نهاية شعبتَي

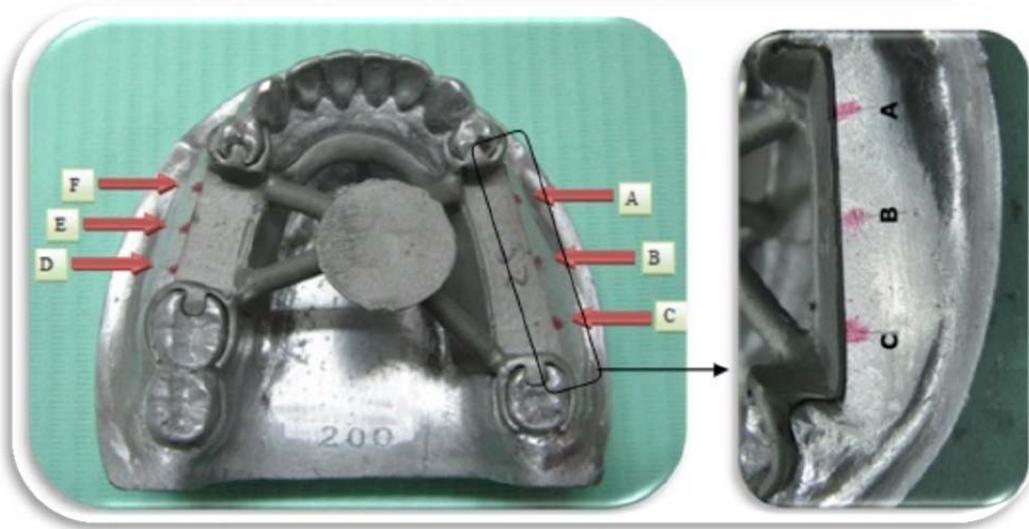
مُحدّدة المسافة (المنبّئة على آلة التصوير) مع مستوى الحافة الدهليزية لسرج الهيكل المعدني من خلال خفض ورفع طرفي قاعدة الملزمة التي تحمل الهيكل مع المثال، وذلك بإضافة وحذف قصاصات ورقية تحت طرفي قاعدتها. كما استُعملت مسطرة ميليمترية ذات قاعدة قائمة فوق سرج الهيكل المعدني للجهاز الجزئي عند النقاط المراد تصويرها بحيث تنطبق الحافة المُدرّجة للمسطرة على الحرف الدهليزي لسرج الهيكل المعدني ضمن المستوي الذي يضم الفُرجة المُقاسة ونهاية شُعْبَتَي المُحدّدة (أي مستوي العدسة مواز لمستوي المسطرة)، الأمر الذي يمكننا أثناء التحليل الحاسوبي للصورة من التحقق من درجة التكبير المُفترض (16.5 مرة).



الشكل 39: تجهيز ساحة التصوير.

### ج- النقاط الصور وحفظها Capturing and saving images:

بعد تجهيز آلة التصوير وساحة التصوير تمّ النقاط صور ضوئية رقمية باستعمال آلة التصوير الضوئي داخل الفموية WTH' USB Camera (بمعدّل تكبير 16.5 مرّة) للفُرجة المُتشكّلة بين كل هيكل معدني من العينة والمثال المعدني الرئيس، وذلك عند النقاط الستة A، B، C، D، E، F المُعيّنة على الحدود الدهليزية للسرج في الطرفين (الشكل 40).



الشكل 40: النقاط التي قيست عندها الفرجة المتشكلة بين المثال الرئيس وكل هيكل معدني من العينة.

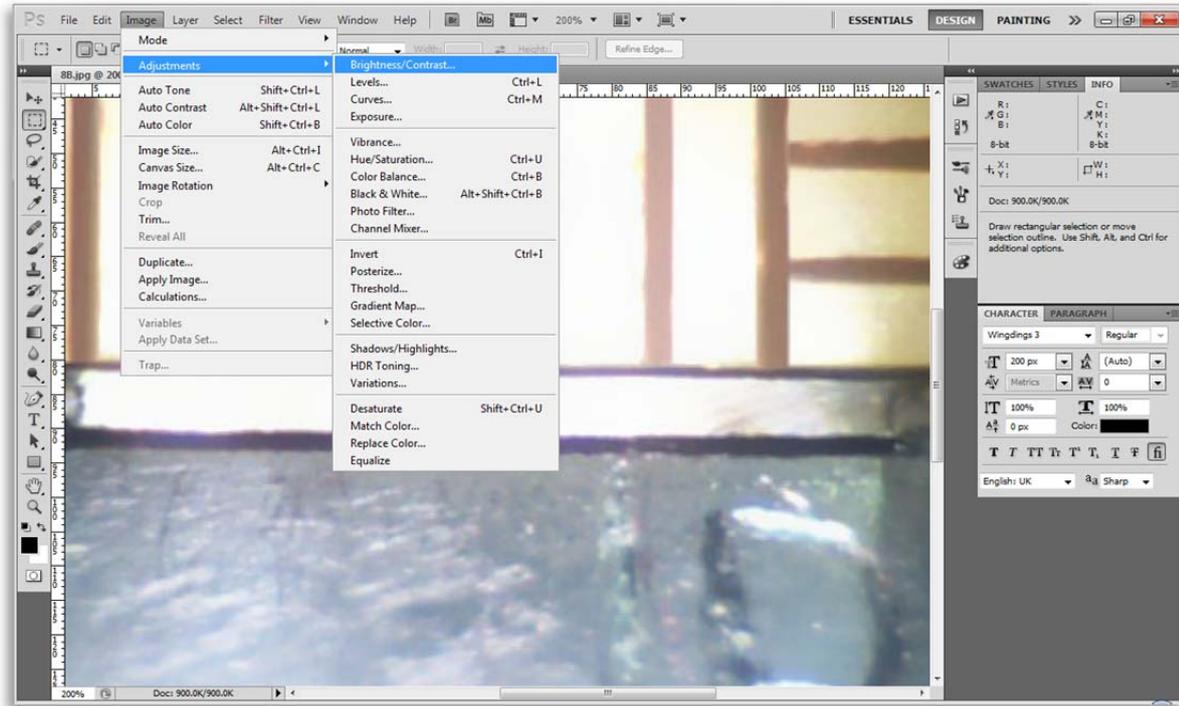
من خلال اختيار الأمر Capture image (التقط صورة) من قائمة Edit (تحرير) على شاشة التطبيق StillCap كان يتم التقاط الصور عند كل نقطة من نقاط القياس المُحدّدة، ثم يُسمّى الملف برقم المثال الجبسي الذي صُنِع عليه الهيكل المعدني للجهاز الجزئي المتحرك واسم النقطة التي تمّ تصويرها، وتُحفظ على الحاسوب بتنسيق JPEG (Joint Photographic Experts Group).

د- إجراء القياسات على الصور الضوئية الرقمية المكبّرة:

عند الانتهاء من التقاط الصور أصبح لدينا  $30 \times 6 = 180$  صورة ضوئية رقمية (حيث 30 هو حجم العينة و6 هو عدد نقاط القياس)، قياس كل صورة  $480 \times 640$ ، ومعدل تكبيرها 16.5 مرة. وباستعمال البرنامج الحاسوبي Adobe Photoshop CS5 ME تمت معالجة كل صورة منها وفقاً للتفصيل التالي:

أولاً- كانت الصورة تُكَبَّر بمقدار 200%، ثم يُعَدَّل السطوع Brightness والتباين Contrast حسب الحاجة عبر القائمة الفرعية Adjustments المنبثقة عن القائمة الرئيسية Image (الشكل 41).

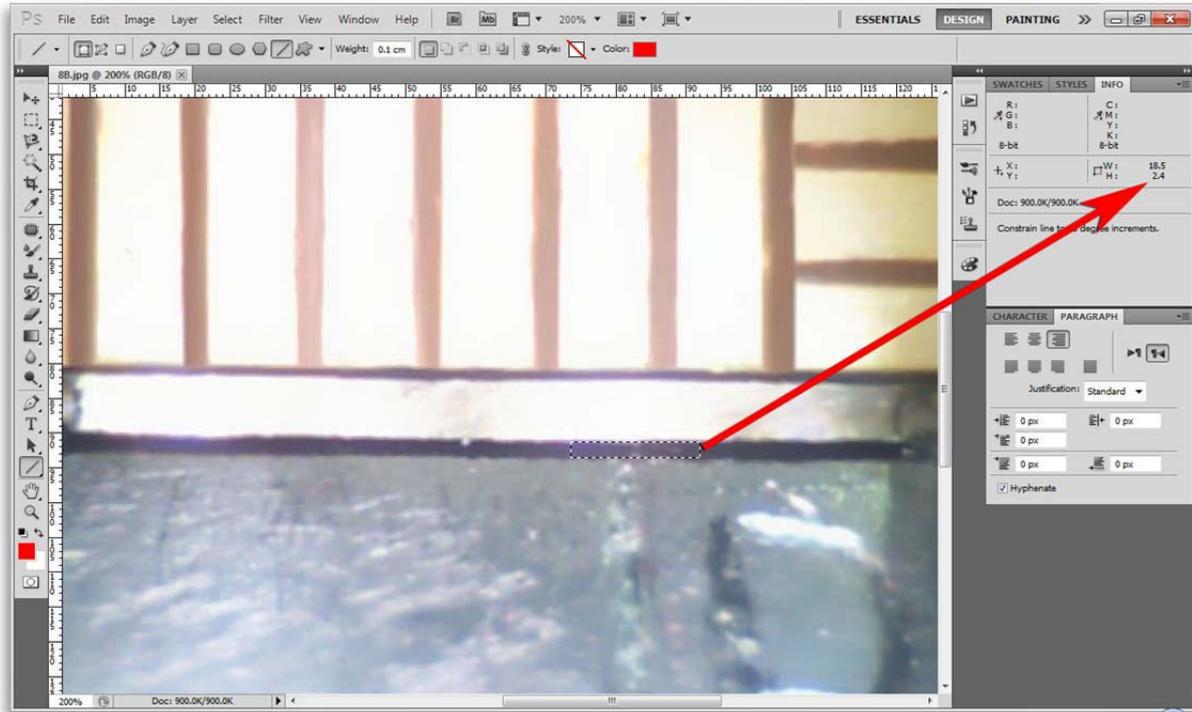
ثانياً- تمّ الضغط على الزر F8 لإظهار النافذة info والتي يمكن أن نقرأ عليها أبعاد الأشكال المحددة بالأداة Marquee Tool.



الشكل 41: تعديل سطوع وتباين الصورة حسب الحاجة.

ثالثاً- من شريط الأدوات تمَّ اختيار أداة تحديد مستطيل Rectangular Marquee Tool، ومع الضغط على الزر الأيسر للفأرة تمَّ تمرير المؤشر على تدريجة ميليمترية واحدة على صورة المسطرة، وقراءة عرض المستطيل الذي تمَّ تحديده على نافذة info عند خانة العرض (W)، وذلك للتحقق من صحة نسبة التكبير المُفترضة (16.5)، ثمَّ أُعيدت العملية على تدريجات ميليمترية أخرى طولية وعرضية للتحقق من عدم وجود تشوه في الصورة.

رابعاً- بعد التحقق من صحة نسبة التكبير ومن سلامة الصورة تمَّ رسم مستطيل آخر ينطبق ارتفاعه على ارتفاع الفُرجة عند النقطة المُراد قياسها، وقراءة ارتفاع المستطيل على نافذة info عند خانة الارتفاع (H) (الشكل 42)، ثمَّ تقسيم الرقم على نسبة التكبير (16.5) وإدراج النتيجة في جدول تسجيل النتائج في الخانة الموافقة لرقم المثال (من 1 إلى 30) واسم النقطة (من A إلى F) بعد تحويل الوحدة من ميليمتر إلى ميكرون (جدول النتائج التفصيلية في الملحق II).



الشكل 42: قياس الفرجة على الصورة الرقمية المكبرة.

بعد اكتمال تسجيل نتائج القياس أُجريت الدراسات الإحصائية والتحليلية لمعرفة دلالة الفروق في متوسط الفرجة بين المجموعتين المدروستين (مجموعة الهياكل المصنوعة بالطريقة التقليدية ومجموعة الهياكل المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلَّبة ضوئياً)، وضمن المجموعة الواحدة لمعرفة دلالة الفروق في متوسط الفرجة بين طرفي الهيكل (الطرف ذو الامتداد السرجي الأطول، والطرف ذو الامتداد السرجي الأقصر) باستعمال البرنامج الحاسوبي الإحصائي SPSS الإصدار: 12.0؛ حيث أُجري اختبار  $t$  للعينات المستقلة من اتجاهين عند مستوى دلالة إحصائية 5%.

## الباب الثالث

### النتائج والدراسة الإحصائية

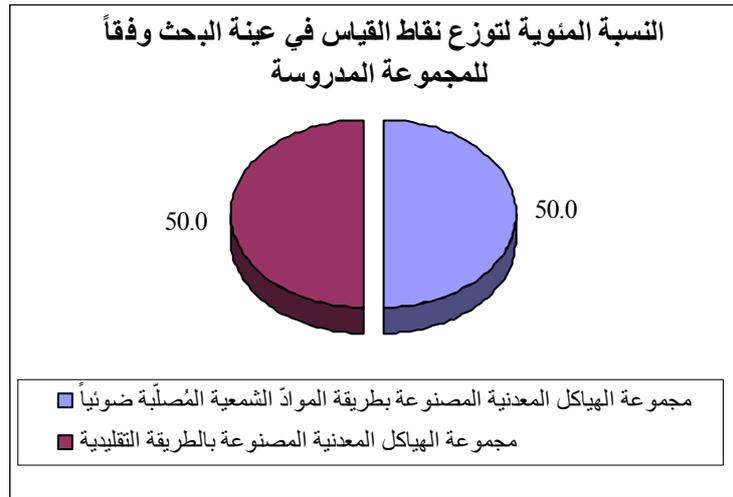
### *Results & Statistical Study*

### 3-1- الدراسة الإحصائية الوصفية:

تألفت عينة البحث من 30 هيكلًا معدنيًا لجهاز جزئي متحرك مصنوعة على 30 مثالاً جيبياً حجرياً كانت مقسمةً إلى مجموعتين اثنتين متساويتين وفقاً لطريقة الصنع المتبعة (مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً 15 هيكلًا، مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية 15 هيكلًا)، وقد تم تحديد ست نقاط قياس مختلفة (النقطة A، النقطة B، النقطة C، النقطة D، النقطة E، النقطة F) لكل هيكل من الهياكل المعدنية المدروسة في عينة البحث، وقد توضعَت نقاط القياس الثلاث الأولى في الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول (اليمنى)، وتوضعَت نقاط القياس الثلاث الأخرى في الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر (اليسرى)، وبالتالي تألفت عينة البحث أيضاً من 180 نقطة قياس كانت مقسمةً إلى مجموعتين رئيسيتين اثنتين متساويتين وفقاً لطريقة صنع الهيكل المعدني المتبعة (مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً، مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية)، وكانت كل من المجموعتين الرئيسيتين مقسمةً إلى مجموعتين فرعيتين اثنتين متساويتين وفقاً للجهة المدروسة (مجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول (اليمنى)، مجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر (اليسرى)). وقد كان توزع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة كما يلي:

جدول 9: يبين توزع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

النسبة المئوية	عدد نقاط القياس	المجموعة المدروسة
50.0	90	مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً
50.0	90	مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية
100	180	المجموع

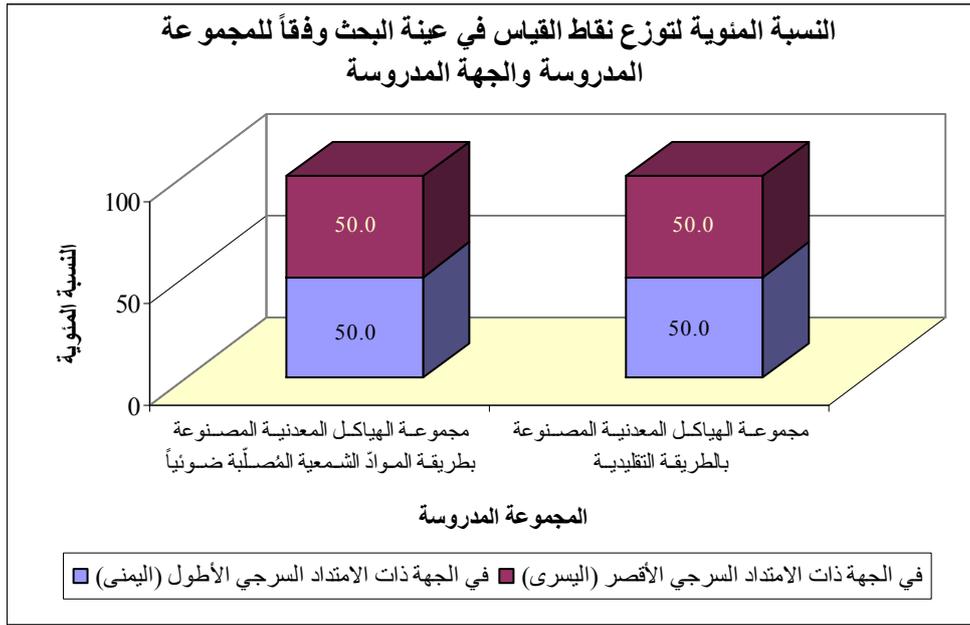


مخطط 2: يمثل النسبة المئوية لتوزيع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

كما كان توزيع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والجهة المدروسة كما يلي:

جدول 10: يبين توزيع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والجهة المدروسة.

النسبة المئوية	عدد نقاط القياس	الجهة المدروسة	المجموعة المدروسة
50.0	45	في الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول (اليمنى)	مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلبة صوتياً
50.0	45	في الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر (اليسرى)	
100	90	المجموع	
50.0	45	في الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول (اليمنى)	مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية
50.0	45	في الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر (اليسرى)	
100	90	المجموع	



مخطط 3: يمثل النسبة المئوية لتوزيع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة والجهة المدروسة.

### 3-2- الدراسة الإحصائية التحليلية :

تم قياس مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) عند كل نقطة من نقاط القياس المدروسة في عينة البحث، ثم تمت دراسة تأثير المجموعة المدروسة في مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) في نقاط القياس عموماً، ثم وفقاً للجهة المدروسة، كما تمت دراسة تأثير الجهة المدروسة في قيم مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) وكانت نتائج التحليل كما يلي:

### 3-2-1- دراسة تأثير المجموعة المدروسة في مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال

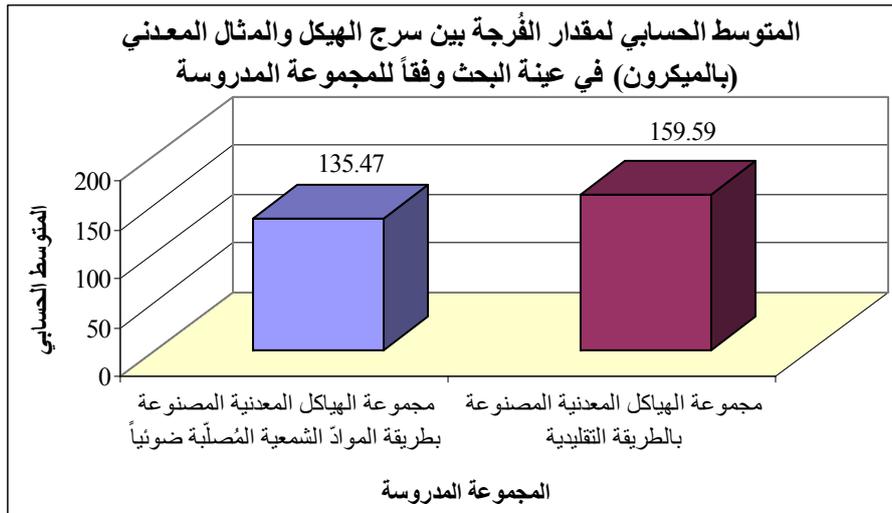
المعدني في عينة البحث:

تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) بين مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلبة ضوئياً ومجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية في عينة البحث كما يلي:

### إحصاءات وصفية:

جدول 11: يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

المتغير المدروس	المجموعة المدروسة	عدد الفُرج المُقاسة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون)	مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلبة ضوئياً	90	135.47	68.96	7.27	32	300
	مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية	90	159.59	69.4	7.32	32	393



مخطط 4: يمثل المتوسط الحسابي لمقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

#### نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة:

جدول 12: يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفرق في متوسط مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) بين مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلبة ضوئياً ومجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية في عينة البحث.

المتغير المدروس	قيمة t المحسوبة	درجات الحرية	الفرق بين المتوسطين للفرق	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفرق
مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون)	-2.338	178	-24.12	10.32	0.020	توجد فروق جوهرية

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق جوهرية في متوسط مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) بين مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلبة ضوئياً ومجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين سالبة نستنتج أن قيم مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) في مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلبة ضوئياً كانت أصغر منها في مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية في عينة البحث.

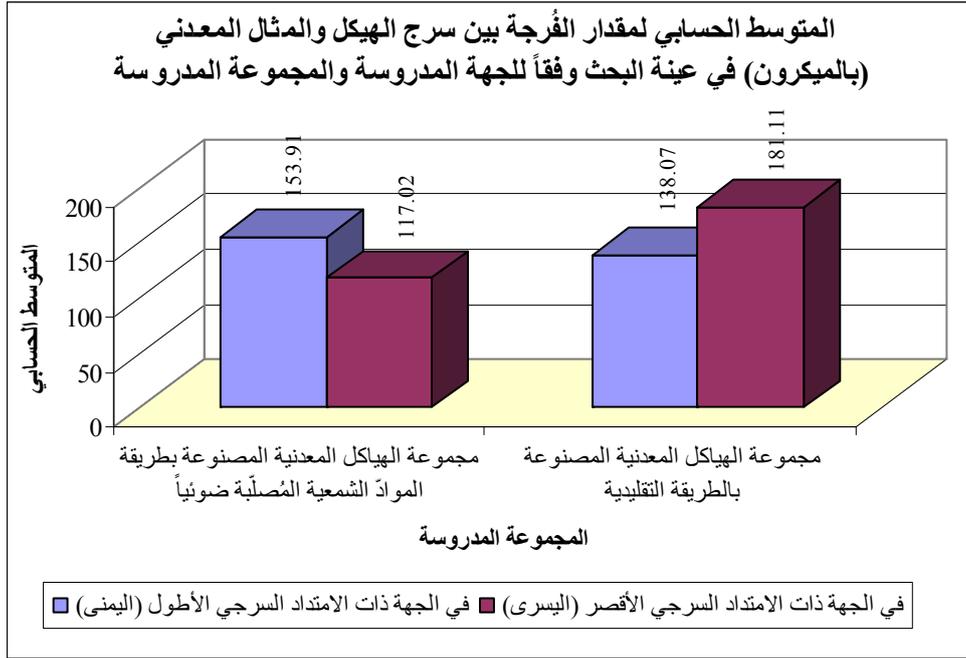
### 3-2-2- دراسة تأثير طول منطقة الدرد المحصور في مقدار الفرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:

تم إجراء اختبار T ستيوذنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) بين مجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول (اليمنى) ومجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر (اليسرى) في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة كما يلي:

#### إحصاءات وصفية:

جدول 13: يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار الفرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً للجهة المدروسة والمجموعة المدروسة.

الحد الأعلى	الحد الأدنى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد الفرج المقاسة	الجهة المدروسة	الجهة المدروسة	المتغير المدروس
300	48	10.31	69.15	153.91	45	الجهة اليمنى	مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقتي المواد الشمعية المصلبة ضوئياً	مقدار الفرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون)
276	32	9.59	64.35	117.02	45	الجهة اليسرى		
270	32	8.99	60.3	138.07	45	الجهة اليمنى	مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية	
393	32	10.72	71.9	181.11	45	الجهة اليسرى		



مخطط 5: يمثل المتوسط الحسابي لمقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً للجهة المدروسة والمجموعة المدروسة.

### نتائج اختبار T ستينودنت للعينات المستقلة:

جدول 14: يبين نتائج اختبار T ستينودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) بين مجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول (اليمنى) ومجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر (اليسرى) في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

المتغير المدروس	المجموعة المدروسة	قيمة t المحسوبة	درجات الحرية	الفرق بين المتوسطين	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون)	مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلبة ضوئياً	2.620	88	36.89	14.08	0.0104	توجد فروق جوهرية
	مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية	-3.077	88	-43.04	13.99	0.003	توجد فروق جوهرية

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 مهما كانت المجموعة المدروسة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق جوهرية في متوسط مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) بين مجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول (اليمنى) ومجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر (اليسرى) مهما كانت المجموعة المدروسة في عينة البحث، وبدراسة الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات نستنتج أن قيم مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) في مجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول (اليمنى) كانت أكبر منها في

مجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر (اليسرى) في مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلَّبة ضوئياً، ونستنتج أن قيم مقدار الفُرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني (بالميكرون) في مجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول (اليمنى) كانت أصغر منها في مجموعة القياسات في الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر (اليسرى) في مجموعة الهياكل المعدنية المصنوعة بالطريقة التقليدية في عينة البحث.

## الباب الرَّابِع

### المناقشة

### *Discussion*

تُعتبر الشموع المُصلَّبة ضوئياً من المواد الواعدة في طب الأسنان، فاستعمالها يُسهم في اختصار مراحل طويلة في صنع الهياكل المعدنية للأجهزة السنية المتحركة وغيرها من التعويضات السنية، ممَّا ينعكس توفيراً في الوقت والجهد والنفقات (Takaichi et al., 2011). وبما أن ثبات الأبعاد ومقاومة التشوه من أهم المعايير الواجب توفرها في مثل هذه المواد (Anusavice, 2003؛ Abolmasov et al., 2000)، فقد كان من الواجب التثبت من ذلك في المادة المدروسة، وذلك من خلال مقارنة دقة انطباق الهياكل المعدنية للأجهزة المتحركة المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلَّبة ضوئياً مع نظيراتها المصنوعة بالطريقة التقليدية.

#### 4-1- مناقشة مواد وطرائق البحث:

من بين المواد الشمعية المُصلَّبة ضوئياً المطروحة للتداول في سوق المواد السنية اختيرت المادة LiWa-Chrom-Cobalt من أجل إجراء الدراسة، كونها مادة حديثة ومُطوَّرة وشائعة الاستعمال (Bortun et al., 2006؛ Kumar et al., 2010).

ثمَّة صعوبة في تقييم انطباق الأجهزة السنية المتحركة سريرياً مقارنة بالدراسة المخبرية، لذلك فقد نُفِّذت هذه الدراسة مخبرياً. نُفِّذ البحث على عينةٍ تألَّفت من ثلاثين مثلاً جيسياً (15 لكل مجموعة) لفك سفلي أرد جزئياً منسوخةً عن مثالٍ رئيسٍ مفردٍ مصبوبٍ من مادة الألمنيوم، وبذلك أُلغيت مشكلة اختلاف أبعاد وشكل المثال الرئيس، والتي كان من الممكن أن تواجهنا فيما لو استعملنا 30 مثلاً تمَّ تحضير كلِّ منها على حدة، وبهذا بدأ تصنيع جميع الهياكل المعدنية للأجهزة الجزئية المتحركة من الوضع الأصلي نفسه.

من المواصفات التي تمَّت مراعاتها في المثال الأصلي كي يكون منسجماً مع الهدف من الدراسة مايلي:

1- كونه معدنياً من الألمنيوم لتجنب اهتراء المثال أثناء عملية إنزال وإخراج الهياكل المعدنية للأجهزة المراد اختبارها فيما لو كان جيسياً مثلاً.

2- كونه مثلاً لفك سفلي أرد جزئياً من الصنف الثالث تعديل واحد حسب Kennedy. وقد اختير هذا الصنف لأنه يضم أربعة مهاميز متناظرة تقريباً، وأربعة سطوح دلالة مما يجعله أكثر حساسية لدقة انطباق الأجهزة السنية المتحركة المصنوعة عليها، وكونه يضم منطقتين سرجيتين يسهلُ قياس دقة انطباق الأجهزة السنية عندهما، وهو الصنف الذي اختاره Akeel في دراسته لتأثير طول منطقة الدرد على انطباق مهاميز الأجهزة الجزئية المتحركة (Akeel, 2009).

3- كونه مُزوَّداً بريليف صنع على الدعامات الأربع لرسم مسار الأذرع المثبتة عند عمق تثبيت مقداره 0,25 ملم، وبذلك ضمناً تشابه ضامات كل أجهزة العينة.

4- تم تحضير المناطق السرجية للمثال بحيث شكَّلت سطحاً مستوياً موازياً للقاعدة، وينتهي بحافتين واضحتين من الجانبين الدهليزي واللساني للحافة السنخية، وذلك لتسهيل تحقيق وضعية تضمن سقوط محور عدسة التصوير بشكل عمودي على الفرجة المتشكلة بين المثال الرئيس والهيكل المعدني للجهاز الجزئي المتحرك المراد اختباره، وتضمن بالتالي عدم تشوه أبعاد الصورة.

5- التَّم العمودية الدقيقة الست التي حُفرت إلى الدهليزي من منطقة السرج في كلا الطرفين لتحديد مناطق إجراء القياسات توقفت قبل الحدود الدهليزية للجهاز المصبوب وذلك لتجنب تشوه تلك المناطق.

فُسِّمَت هذه الأمثلة الثلاثة إلى مجموعتين متساويتين: (المجموعة الشاهدة: مجموعة الطريقة التقليدية مؤلفة من 15 مثالا، والمجموعة المدروسة: مجموعة طريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً مؤلفة من 15 مثالا أيضاً).

أما مجموعة الطريقة التقليدية فقد صُنِّعت عليها هياكل معدنية لأجهزة سنخية جزئية متحركة بضامات يركز عادية على الأرحاء والضواحك المجاورة للرد، مع سروج مصمتة، وأقوس لسانية؛ وفقاً لقواعد تصميم أجهزة الصنف الثالث (Jones and Carr and Brown, 2011؛ García, 2009؛ بسيسو، 2001؛ الحكيم ووزير، 2000). وقد اختيرت السروج المصمتة كون النقاط التي ستقاس عندها دقة الانطباق تقع في هذه المنطقة، مما يقتضي صنع السروج على المثال مباشرة دون تطبيق ريليف منظم. صُنِّعت هياكل هذه المجموعة وفقاً للطريقة التقليدية المتَّبعة في صنع الهياكل المعدنية للأجهزة السنخية الجزئية المتحركة (من نسخ وتقسية وتشميع وتشكيل لمجاري الصب وكسو وإحماء وصب للمعدن وإنزال للهياكل المعدنية على أمثلتها الجبسية)، وقد بُدِل الجهد لتكون جميع هياكل المجموعة متساوية في الثخانة ومتشابهة في الشكل والتصميم والامتداد وخاضعة للإجراءات المخبرية نفسها. إلا أن مجاري الصب لم يتم تشكيلها بالطريقة الاعتيادية التي تعتمد على تحضير ثقب بقطر 6 ملم في مركز المثال وملئه بالشمع لتتفرع منه مجاري صب تتصل بالعناصر الرئيسية للنموذج (بسيسو، 2001؛ الحكيم ووزير، 2000)، وإنما استُعملت أربعة مجاري، أُصِيق كلٌّ منها إلى الأسفل واللساني من الدعامات الأربع بشكلٍ مائلٍ للأعلى، بحيث التقت المجاري الأربعة في نقطة متوسطة أعلى النموذج، وعند هذه النقطة تمَّ إصاقُ القمع البلاستيكي الذي سيُشكَّل فيما بعد قمع الصبِّ (مدخل المعدن المنصهر إلى البوتقة)، وقد كان الغرض من هذا التصميم بالذات الاستفادة من قمع الصبِّ كمرتكزٍ لتثبيت الهيكل على المثال بواسطة ملزمة أثناء إجراء القياسات، ولذلك تمَّ إنهاء الهياكل المصبوبة دون فصل مجاري الصب عنها.

وأما مجموعة طريقة الشموع الضوئية فقد صُنعت عليها هياكل معدنية لأجهزة سنية جزئية متحركة بنفس تصميم المجموعة الأولى، ولكن بتشميعها مباشرة على الأمثلة الجبسية دون اللجوء إلى نسخها بالمادة الكاسية، وباستعمال الشموع الضوئية موضوع البحث LiWa-Chrom-Cobalt، وذلك بعد عزل الأمثلة. وقد استُعملت في التشميع المنحثة الكهربائية LiWaxer لتجنّب تلف المادة الذي يسببه الإحماء الزائد الناتج عن المناحت العادية والقنديل (Wichnalek, 2003). كما استُعملت مجاري صب مماثلة للمجموعة الأولى، للحصول على مُرتكز مماثل لتثبيت الهيكل على المثال بواسطة ملزمة أثناء إجراء القياسات. وللاستعاضة عن وظيفة الدعم التي توفرها مجاري الصب الأصلية ذات التصلبّ الضوئي تمّ تدعيم النموذج قبل تصلبيه بالصاق أسلاك ضامات مستديرة قطرها 0.9 ملم بين السرجين الأيمن والأيسر، لتجنب التواء النموذج المُصلّب ضوئياً أثناء نزعه عن المثال (Takaichi et al., 2011) أما المراحل التالية فقد تمّ إنجازها بطريقة مشابهة لطريقة صنع هياكل المجموعة الأولى، وقد بُذل كل الجهد لتكون جميع هياكل المجموعة متشابهة فيما بينها ومشابهة لهياكل المجموعة الأولى من حيث التخانة والشكل والتصميم والامتداد.

#### اختبار الانطباق:

استُعملت في أبحاث طب الأسنان التعويضي العديد من اختبارات الانطباق (Williams et al., 2009؛ Sorensen, 1990؛ Bhowmik and Parkhedkar, 2011)؛ منها الفحص بالرؤية المباشرة والمسبر visual examination (Morris, 1992؛ Murray and Dyson, 1988؛ Kumar et al., 2010)، ومنها قياس الفرجة الحفافية عند نقاط محدّدة مسبقاً باستعمال المجهر الضوئي light microscope (Bhowmik and Parkhedkar, 2011؛ Sykora and Sutow, 1997؛ Iglesias et al., 1996؛ Nejatidanesh et al., 2006)، أو المجهر المجسّم stereomicroscope (Arora et al., 2011)، أو المجهر الإلكتروني الماسح scanning electron microscope (Sinclair et al., 2000؛ Omar, 1987)، ومنها طريقة المقاطع الطولية Cross sections (Fritell et al., 1985؛ Akeel, 2009)، إذ يُنبتّ التعويض السني على مثاله، ثم يُغمس في الراتنج (الأكريلي أو الإيبوكسي) أو في الجبس الحجري، ثم يُقَص على شكل مقاطع طولية يمكن من خلالها دراسة الانطباق بواسطة المجهر. من طرائق فحص انطباق التعويضات السنية أيضاً التصوير الشعاعي (Gustavsen and Silness, 1985؛ Williams et al., 2009).

كما استعمل بعض الباحثين جهاز البروفيلوميتر Profilometer لقياس الانطباق الحفافي (Limkangwalmongkol et al., 2007؛ Mitchell et al., 2001)، والذي يعتمد على

رأس إبرة دقيق يتحرك باتجاه عمودي للأعلى والأسفل ليرسم الفراغ ويُسجّل مخططاً يعطي فكرة عن مقدار الفرجة الحفافية. بينما اعتمد آخرون على جهاز إسقاط الصورة الجانبية Profile Projector (Gowri et al., 2010؛ Shah et al., 2011) لدراسة الانطباق الحفافي. كما اعتمد بعض الباحثين على وزن المادة الطابعة المطاطية المُصلّبة ضمن الفرجة المتكونة بين التعويض السنّي ومثاله (Barco et al., 1979؛ LEE et al., 2010؛ Stern et al., 1985؛ Takamata et al., 1989؛ Young, 2010؛ السعدي، 1998)، أو قياس ثخانة المادة (Dunham et al, 2006؛ Kumar et al., 2010؛ Parker et al, 1997).

كما اقترح استعمال الأمواج فوق الصوتية Ultrasonic؛ إلا أن إنتاج أمواج فوق صوتية عالية التردد تتناسب مع مثل هذه الحالات يتطلب أجهزة دقيقة عالية الكلفة، ولذلك عرض Williams وزملاؤه من جامعة ويلز طريقة إلكترونية أخرى للقياس تعتمد على تحويل كل من العوّض والمثال المعدني المصنوع عليه إلى إحدى صفيحتي Plates مكثفة إلكترونية capacitor يمكن قياس سعتها بالفاراد Farad، تلك السعة التي تتناسب عكساً مع المسافة بين صفيحتي المكثفة، والتي بدورها تمثل الفرجة المراد قياسها (Williams et al., 2009).

في دراستنا الحالية ونظراً لقصور منصة المجهر Stage عن استيعاب العينة من دون تقطيع (الشكل 43)، فقد تم قياس الفرجة المُتشكّلة بين السرج المعدني المصمت وقمة النتوء السنخي على المثال المعدني عند نقاط محددة، من خلال التحليل الحاسوبي Computer-assisted Image Analysis (Bosmans et al., 2005؛ Suárez et al., 2003؛ Valizadeh et al., 2008؛ Wu et al., 2010) للصور الضوئية الرقمية المكبّرة المُلتقطة لهذه النقاط بواسطة آلة تصوير مخصصة للمسافات القريبة (Wu et al., 2010).



(الشكل 43): قصور منصة المجهر عن استيعاب العينة

أثناء تجهيز آلة التصوير جرى تثبيت الآلة على قاعدة تؤمّن لها تواضعاً أفقياً؛ بحيث يتعامد القطر الشاقولي لعدسة التصوير مع مستوى الاستناد الأفقي، وبالتالي يتوازي محور العدسة مع مستوى الاستناد، مما يؤمن سقوط محور العدسة بشكل عمودي على الفرجة المُقاسة عندما يكون المثال الرئيس في وضعية أفقية (Wu et al., 2010). كما زُوّدت آلة التصوير بمُحدّدة مسافة ذات شعبتين متوازيتين قائمتين على مستوى عدسة التصوير طول كل منهما 9.1 ملم، وذلك لضمان أمرين:

أولاً- لضمان التقاط جميع الصور من مسافة ثابتة (Abdulhadi, 2008) عن النقاط المُصوَّرة وهي 9.1 ملم، والتي يقابلها نسبة تكبير 16.5 مرة (Zobel, 2003). وهذه المسافة في الوقت ذاته تؤمن عدم اصطدام جسم آلة التصوير بجسم المثال الرئيس عند أي نقطة من النقاط المراد تصويرها.

وثانياً- لضمان توازي القطر الأفقي لعدسة التصوير مع الحرف الدهليزي لسرج الهيكل المصبوب (حيث تتوضّع النقاط المراد تصويرها)؛ إذ إنّ المستقيمين اللذين يُحدّدان الشعبتين المتوازيتين والمتساويتين هما بدورهما مستقيمان متوازيان (القطر الأفقي لعدسة التصوير والحرف الدهليزي لسرج الهيكل المصبوب)، وهذا التوازي ضروريٌّ لتجنّب تشوه الأبعاد المُقاسة على الصور.

بعد النقاط الصور تمّ حفظها على الحاسوب بتنسيق JPEG (Joint Photographic Experts Group) الذي ينشئ صوراً عالية الجودة وهي الصيغة التي استعملها Guotao Wu وزملاؤه لحفظ الصور المُلتقطة في دراستهم (Wu et al., 2010).

## 4-2- مناقشة نتائج البحث:

بناءً على الدراسة الحالية رُفِضَتْ كلتا فرضيتي العدم، وتبين أن دقة انطباق هياكل الأجهزة الجزئية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المصلبة ضوئياً أفضل من دقة انطباق هياكل الأجهزة الجزئية المصنوعة بالطريقة التقليدية. كما أن دقة انطباق الهيكل تختلف باختلاف طول منطقة الدرد المحصور.

## 4-2-1- تأثير المجموعة المدروسة في مقدار الفرجة بين سرج الهيكل والمثال المعدني في

عينة البحث:

لم تتمكن أي من الطريقتين من تحقيق الانطباق المثالي، إلا أن متوسط الفرجة في مجموعة الهياكل المعدنية للأجهزة الجزئية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المصلبة ضوئياً كان أقل وبفارق جوهري من متوسط الفرجة في مجموعة الهياكل المصنوعة بالطريقة التقليدية ( $p=0.02$ ).

إن أحد أسباب ضعف الانطباق هو القيمة العالية للتقلص التصليبي الخطي لخلائط الكوبالت كروم (~2.3%) (Anusavice et. al., 2012). وعلاوةً على ذلك، يُعتبر الهيكل المعدني للجهاز الجزئي المتحرك من المسبوكات المعقدة لأنه عادةً ما يصنع من خلائط معدنية عالية الانصهار، الأمر الذي يؤدي إلى حدوث تقلص أعلى من تقلص خلائط الذهب (Gowri et al., 2010; Kumar et. al., 2010). ومن هنا نفهم مدى صعوبة تحقيق الانطباق المطلوب.

قام Gowri وزملاؤه سنة 2010 بدراسة تأثير الإرساء anchorage على دقة الوصلة الكبرى الحنكية للهياكل المعدنية للأجهزة الجزئية المتحركة؛ حيث قيسَت قيم الفرج المتشكلة بين الوصلة الكبرى والمثال المعدني، وتبين وجود فروق جوهريّة بين المجموعة المدروسة (0,16-0,43 ملم) والمجموعة الشاهدة من (0,44-0,65 ملم). لم يناقش أصحاب هذه الدراسة تلك القيم المرتفعة للفرجة الحنكية، ولكنهم استنتجوا مدى صعوبة تحقيق الدقة في انطباق المصبوبات السنينة.

وقد درس Gebelein وزملاؤه عام 2003 تغير أبعاد هياكل الأجهزة المحمولة على التيجان التليسكوبية. حيث تعرضت الهياكل لتغيرات جوهريّة في الأبعاد أثناء الصنع حملت نزعة للتقلص نحو المركز الهندسي. وقد تجلّى هذا التقلص الهندسي بين التيجان التلسكوبية بتقارب التيجان

لدرجة تتجاوز مدى الحركة الفيزيولوجية للأسنان التي تحملها، الأمر الذي أثر سلباً على الانطباق المنشود للهيكل.

يمكن أن يتأثر انطباق أجهزة الكوبالت كروم بالأخطاء التي تحدث أثناء سد الغؤورات على المثال النهائي بالشمع، وأثناء النسخ، وبسبب الاختلاف في تمدد المواد الكاسية، وبسبب الطرق المستخدمة في بناء وتلميع الهياكل المعدنية (Brudvik and Reimers, 1992). تتعرض مادة الآغار آغار-المستخدمة للنسخ عادةً في الطريقة التقليدية- لتغيراتٍ في الأبعاد نتيجةً للرشح Syneresis والتشرب Imbibition، مما يؤثر سلباً على نسخ المثال المقاوم (Kumar et al., 2010). وهذا ما يفسر كون طريقة المواد الشمعية المصلبة ضوئياً أفضل انطباقاً؛ إذ لا نحتاج إلى نسخ المثال النهائي، فالمواد الشمعية المصلبة ضوئياً يجري تكييفها عليه مباشرةً.

وثمة فرق آخر بين الطريقتين: وهو أن بوتقة الصب في الطريقة التقليدية مكونة من قطعتين (وهما مثال المادة الكاسية والمادة الكاسية الخارجية)، وبالتالي فهناك فرصة لتشكّل حواف معدنية زائدة بينهما أثناء الصب، إن إزالة هذه الزوائد أثناء إنهاء المعدن تُعرض الهيكل المصبوب للتشوه؛ وهذا العيب غير وارد الحدوث في طريقة المواد الشمعية المصلبة ضوئياً، كون المادة الكاسية في بوتقة الصب ذات كتلة واحدة متصلة (Takaichi et al., 2011؛ Wichnalek, 2003).

درس Kumar وزملاؤه سنة 2010 دقة انطباق ضامات مصبوبة مصنوعة باستخدام الشموع التقليدية وأخرى مصنوعة باستخدام المواد الشمعية المصلبة ضوئياً. وقد أظهرت النتائج تفوق النماذج المصبوبة المصنوعة باستخدام المواد الشمعية المصلبة ضوئياً على مثيلاتها المصنوعة باستخدام الشموع التقليدية من حيث دقة الانطباق، وكان الفارق جوهرياً. بالرغم من أن نتائج دراسة Kumar وزملاؤه لا يمكن مقارنتها بشكل مباشر مع نتائج دراستنا الحالية، نظراً لاختلاف تصميم العينة، إلا أن النتائج عموماً كانت متوافقة.

## 4-2-2- تأثير طول منطقة الدرد المحصور في مقدار الفرجة بين سرج الهيكل والمثال

المعدني في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:

في الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر كان متوسط القيم أصغر وبفارق جوهري من الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول في مجموعة الهياكل المعدنية للأجهزة الجزئية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلَّبة ضوئياً ( $p=0.01$ ). يمكن تفسير هذه النتيجة بفكرة النزعة للتقلص باتجاه المركز الهندسي للقطعة المصبوبة (Gebelein et al., 2003). لكن في مجموعة الهياكل المعدنية للأجهزة الجزئية المصنوعة بالطريقة التقليدية كان متوسط القيم في الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول أصغر وبفارق جوهري من الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر ( $p=0.003$ ).

قام Akeel عام 2009 بصنع هياكل أجهزة جزئية متحركة بالطريقة التقليدية ودرس تأثير طول امتداد المنطقة السرجية على انطباق المهاميز على مثال العمل، ووجد أن انطباق المهاميز في الجهة ذات الدرد المحصور القصير أفضل من مثيلاتها في الجهة ذات الدرد المحصور الطويل، وبفارق جوهري؛ كما وجد أن خمس المهاميز تقريباً لم تكن على تماس في أي نقطة مع مُرتكزاتها على مثال العمل (Akeel, 2009).

إن التعارض ما بين نتائج الدراسة الحالية ودراسة Akeel قد تكون بسبب الاختلاف في موضع قياس الانطباق؛ ففقدان أو ضعف الانطباق ما بين المهاميز ومُرتكزاتها لا يعني بالضرورة ضعف الانطباق في أجزاء القاعدة المعدنية المجاورة. اقترح Philips عام 1991 أن التغيرات في أبعاد القطعة المصبوبة قد يختلف من منطقة لأخرى، وأن هذه التغيرات غالباً ما تكون عمودية أكثر منها أفقية. وفي دراسة أخرى وُجد أن الفراغات كانت أكبر وبشكل جوهري ما بين السطوح الحنكية للدعامات السنوية والأذرع المكافئة الحنكية، وكذلك ما بين السطوح الدهليزية للمهاميز ومُرتكزاتها. تبين وجود تقلص شديد باتجاه مركز الصفيحة. إن تمدد المادة الكاسية قد لا يؤمن درجة كافية من المعاوضة عن التصلب والتقلص الناتج عن انخفاض حرارة خليطة الكوبالت كروم. بالرغم من أن التغير في أبعاد المادة الكاسية والقطعة المصبوبة هي تغيرات حجمية، إلا أنه لا يوجد دليل على حدوث تباين في تمدد القطعة المصبوبة في الاتجاه العمودي (Fenlon at al. 1993). من خلال الدراسات المذكورة أعلاه يمكن فهم الاختلافات ما بين نتائج الدراسة الحالية ودراسة Akeel.

مع ذلك يجدر القول: إنّه من الصعب الاعتماد على تلك المقارنة بين نتائج الدراسات السابقة ونتائج الدراسة الحاليّة نظراً لاختلاف طريقة وأجهزة القياس المستخدمة، وعدد نقاط القياس وموقعها، واختلاف المواد المخبرية المُستعملة (لاسيما المادة الكاسية، ونسبة الماء المقطر إلى سائل مزج المادة الكاسية)، وإجراء التشريد الكهربائي للهيكَل المصبوب من عدمه، كما أنّ لمهارة التقني دوراً مهماً في التأثير على نتائج الانطباق.

الباب الخامس  
الاستنتاجات  
*Conclusions*

## الاستنتاجات **Conclusions**:

ضمن حدود هذه الدراسة يُمكن استنتاج ما يلي:

- 1- أن دقة انطباق الهياكل المعدنية للأجهزة الجزيئية المتحركة المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً أفضل من الهياكل المصنوعة بالطريقة التقليدية.
- 2- تختلف دقة الانطباق باختلاف امتداد المنطقة السرجية وباختلاف طريقة الصنع.

الباب السادس  
المقترحات والتوصيات  
*Suggestions and Recommendations*

## 1-6- المقترحات Suggestions:

- 1- دراسة " أي عنصر من عناصر الهيكل المعدني للجهاز الجزئي المتحرك الذي تحدث عنده إعاقة الانطباق المُحتَملة؟ " لمحاولة تجنبها.
- 2- إجراء دراسة سريرية مماثلة لدراسة دقة الانطباق المخبرية، و معرفة أهميتها من الناحية السريرية.

## 2-6- التّوصيات Recommendations:

1- نوصي باستعمال طريقة المواد الشمعية المُصلَّبة ضوئياً لصنع الهياكل المعدنية للأجهزة السنية الجزئية المتحركة، بناءً على ما استنتجناه في هذه الدراسة من دقة انطباق الهياكل المصنوعة بهذه الطريقة، ولاختصارها الوقت والجهد.

2- نوصي بالحد من استعمال الطريقة التقليدية في صنع الهياكل المعدنية للأجهزة السنية الجزئية المتحركة توفيراً للوقت والجهد والكلفة التي تتطلبها.

الباب السّابع  
المراجع  
*References*

## المراجع الأجنبية

1. Abdulhadi LM. Prediction the height of maxillary and mandibular alveolar bone in partially and completely edentates: a pilot study. *Dentika Dent J* 2008; 13: 24-27.
2. Abdullah MA, Al Jabab AS. Storage time effect on marginal fit of full crown patterns made of wax, autopolymerized and light polymerized resin materials. *Saudi Dent J* 2005; 17: 146-153.
3. Akeel R. Effect of edentulous ridge length on the fit of occlusal rests of a partial denture metal framework. *Pakistan Oral & Dent J* 2009; 29: 391-396.
4. Anusavice KJ. *Phillips` Science Of Dental Materials* (11<sup>th</sup> ed.), St.Louis, Saunders Elsevier; 2003: 283-292.
5. Arora S, Sangur R, Dayakra H.R. Comparative study on the fit of maxillary complete denture bases at the posterior palatal border made by heat cure acrylic resin processed on high expansion stone and type III dental stone. *Int J Dent Clin* 2011; 3: 18-20.
6. Barco MT, Moore BK, Swartz ML, Boone ME. Dykema R W, Phillips R W. The effect of relining on the accuracy and stability of maxillary complete dentures-An in vitro and in vivo study. *J Prosthet Dent* 1979;42:17-22.
7. Bhowmik HS, Parkhedkar RD. A comparison of marginal fit of glass infiltrated alumina copings fabricated using two different techniques and the effect of firing cycles over them. *J Adv Prosthodont.* 2011; 3: 196–203.
8. Bortun C, Sandu L, Porojan S. Wax up failures in the removable partial dentures technology using light curing materials. *European Cells and Materials* 2006; 11: 17.
9. Bosmans N, Ann P, Aly M, Willems G. The application of kvaal's dental age calculation technique on panoramic dental radiographs. *Forensic Sci Int* 2005; 153: 208-212.
10. Braden M, Clarke RL, Nicholson J, Parker S. *Polymeric Dental Material*, Verlag, Springer; 1997: 116.

11. Brudvik, J.S. and Reimers, D. The tooth-removable partial denture interface. *J. Prosthet. Dent.* 1992; 68: 924–927.
12. Carr AB, Brown DT. McCracken's Removable Partial Prosthodontics (12<sup>th</sup> ed.), St Louis, Elsevier Mosby; 2011: 120-127, 253-266, 275.
13. Craig RG, Powers JM, Wataha JC. Dental Materials: Properties and Manipulation (8<sup>th</sup> ed.), St.Louis, Mosby; 2004: 222.
14. Derleth, R., Krober, R., Nowak, J., Palacit, G. LC., 1987. The first light curing modeling material. *Dent. Labor.* March: 1–7.
15. Diwan R, Talic Y, Omar N, Sadig W. Pattern waxes and inaccuracies in fixed and removable partial denture castings. *J Prosthet Dent* 1997; 77: 553-5.
16. Dunham D, Brudivik J, Morris J, Plummer K, Cameron S. A clinical investigation of the fit of removable partial dental prosthesis clasp assemblies. *J Prosthet Dent* 2006; 95: 323-6.
17. Fenlon MR, Juszczuk AS, Hughes RJ, Walter JD, Sherriff M. Accuracy of fit of cobalt-chromium removable partial denture frameworks on master casts. *Eur J Prosthodont Rest Dent* 1993; 1:127-130.
18. Fritell DN, Muncheryan AM, Green AJ. Laboratory accuracy in casting removable partial denture frameworks. *J Prosthet Dent* 1985; 54: 856-862.
19. Gay WD. Laboratory procedures for fitting removable partial denture frameworks. *J Prosthet Dent* 1978; 40: 227-229.
20. Gebelein M, Richter G, Range U, Reitemeier B. Dimensional changes of one-piece frameworks cast from titanium, base metal, or noble metal alloys and supported on telescopic crowns. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 193-200.
21. Ghanbarzadeh J, Sabooni MR, Roshan-Nejad R. The effect of storage conditions on dimensional changes of acrylic post-core patterns. *J Dent, Tehran University of Medical Sciences* 2007; 4: 27-31.
22. Gowri V, Patil NP, Nadiger RK, Guttal SS. Effect of anchorage on the accuracy of fit in removable partial denture framework. *J Prosthodont.* 2010; 19: 387-90.

23. Gustavsen F, Silness J. Margin fit of metal crowns and bridge retainers. *Acta Odontol Scand* 1985; 43: 285-288.
24. Iglesias A, Powers JM, Pierpont HP. Accuracy of wax, autopolymerized, and light-polymerized resin pattern materials. *J Prosthodont* 1996; 5: 201-205.
25. Jones JD, García LT. *Removable Partial Dentures A Clinician's Guide*. Singapore, Wiley-Blackwell, 2009:68-72.
26. Koran A. Prosthetic Applications of Polymers. In: Craig RG, Powers JM. *Restorative Dental Materials* (11<sup>th</sup> ed.), St.Louis, Mosby; 2002: 681.
27. Koudi MS, Patil SB. *Dental Materials Prep Manual for Undergraduates*, New Delhi, Elsevier; 2007: 107.
28. Kumar MV, Murugesan K, Bhagath SN. The accuracy of fit of cast clasps designed with conventional wax pattern and light cured patterns: A comparative in vitro study. Ramapuram, Chennai; SRM University *J Dent Scien* 2010; 1: 10-13.
29. Lee CJ, Bok SB, Bae JY, Lee HH. Comparative adaptation accuracy of acrylic denture bases evaluated by two different methods. *Dent Mater J* 2010; 29: 411-17.
30. Limkangwalmongkol P, Chiche GJ, Blatz MB. Precision of fit of two margin designs for metal-ceramic crowns. *J Prosthodont* 2007; 16: 233-237.
31. Manapllil JJ. *Basic Dental Materials* (2<sup>nd</sup> ed.), New Delhi, Jaypee; 2003: 274-288.
32. McCabe JF, Walls AW. *Applied Dental Materials* (9<sup>th</sup> ed.), Oxford, Blackwell; 2008: 40-45.
33. Mitchell CA, Pintado MR, Douglas WH. Nondestructive, in vitro quantification of crown margins. *J Prosthet Dent* 2001; 85: 575-584.
34. Mojon P, Oberholzer JP, Meyer JM, Belser UC. Polymerization shrinkage of index and pattern acrylic resins. *J Prosthet Dent* 1990; 64: 684-688.
35. Morris HF. Quantitative and qualitative evaluation of the marginal fit of cast ceramic, porcelain shoulder, and cast metal full crown margins.

- J Prosthet Dent 1992; 67: 198-203.
36. Mosch J, Hoffmann A. Light-curing wax by Primotec.. There are simpler ways. Spectrum Dialog 2009; 9: 38-55.
  37. MS Encarta 2009: The Complete Interactive Multimedia Encyclopedia [DVD]. Gum (2008). Available from: Microsoft Corporation. [Accessed:15 May 2011].
  38. Murray MD, Dyson JE. A study of the clinical fit of cast cobalt-chromium clasps. J Dent. 1988; 16: 135-139.
  39. Nejatidanesh F, Lotfi HR, Savabi O. Marginal accuracy of interim restorations fabricated from four interim autopolymerizing resins. J Prosthet Dent 2006; 95: 364-367.
  40. O'Brien WJ. Dental Materials and Their Selection (3<sup>ed</sup> ed.), Chandler drive, Quintessence; 2002: 267-272.
  41. Omar R. Scanning electron microscopy of the marginal fit of ceramometal restorations with facially butted porcelain margins. J Prosthet Dent 1987; 58: 13-19.
  42. Oruc S, Tulunoglu Y. Fit of titanium and a base metal alloy metal-ceramic crown. J Prosthet Dent 2000; 83: 314-318.
  43. Parker MH, Cameron SM, Hughbanks JC, Reid DE. Comparison of occlusal contacts in maximum intercuspation for two impression techniques. J Prosthet Dent 1997;78:255-259.
  44. Phillips RW. Skinner's science of dental materials (9<sup>th</sup> ed), Philadelphia, Saunders ; 1991: 385-392.
  45. Phoenix RD, Cagna DR, Defreest CF. Stewart's Clinical Removable Partial Prosthodontics (3<sup>rd</sup> ed), Chicago, Quintessence Publishing Co,2003: 320.
  46. Powers JM. Waxes. In: Craig RG, Powers JM. *Restorative Dental Materials* (11<sup>th</sup> ed.), St.Louis, Mosby; 2002: 424-445.
  47. Primotec's Metacon. Instruction Manual. Bad Homburg, Germany 2000.
  48. Sakaguchi RL, Powers JM. Craig's Restorative Dental Materials (13<sup>th</sup> ed.), Philadelphia, Elsevier Mosby; 2012: 260.

49. Scheller-Sheridan C. Basic Guide to Dental Materials, Oxford, Wiley-Blackwell; 2010: 240-247.
50. Shah R, Singh JP, Kumar M, Souza D. Dimensional accuracy of castings fabricated with ringless and metal ring investment systems for implant supported fixed dental prosthesis : An in-vitro comparative study. MJAFI 2011; 67: 46-51.
51. Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. Fundamental of Fixed Prosthodontics (3<sup>rd</sup> ed), Carol Stream, Quintessence Publishing, IL; 1997: 286, 365, 426.
52. Sias FR, Jr. Lost-Wax Casting: Old, New, and Inexpensive Methods, Pendleton, Woodsmere Press; 2005: 1-7.
53. Sinclair GF, Radford DR, Sherriff M, Walter JD. Effects of electrobrightening on the fit surface of cobalt-chromium RPD frameworks. Int J Prosthodont. 2000; 13: 232-7.
54. Sorensen JA. A standardized method for determination of crown margin fidelity. J Prosthet Dent 1990; 64: 18-24.
55. Stern MA, Brudvik JS, Frank RP. Clinical evaluation of removable partial denture rest seat adaptation. J Prosthet Dent 1985; 53: 658-62.
56. Sun BJ, Lichkus AM (2002). Wax-like polymerizable dental material, method and shaped product. United States Patent 6799969, [Website]. Available from: [www.freepatentsonline.com/6799969.html](http://www.freepatentsonline.com/6799969.html). [Accessed: 20 May 2007].
57. Sun BJ, Lichkus AM (2003). Method of making a dental product. United States Patent 7024770, [Website]. Available from: [www.freepatentsonline.com/7024770.html](http://www.freepatentsonline.com/7024770.html). [Accessed: 14 June 2007].
58. Suárez MJ, Villaumbrosia PG, Pradíes G, Lozano JF. Comparison of the marginal fit of procera allCeram crowns with two finish lines. Int J Prosthodont 2003;16:229–232.
59. Swelem, A.A., Abdelnabi, M.H., Al-Dharrab, A.A., and AbdelMaguid, H.F. Surface roughness and internal porosity of partial removable dental prosthesis frameworks fabricated from conventional wax and light-polymerized patterns: a comparative study. J. Prosthet. Dent. 2014; 111: 335–341

60. Sykora O, Sutow EJ. Improved fit of maxillary complete dentures processed on high expansion stone casts. *J Prosthet Dent* 1997; 77: 205-8.
61. Takaichi A, Wakabayashi N, Igarashi Y. Prefabricated light-polymerizing plastic pattern for partial denture framework. *Contemp Clin Dent* 2011; 2: 402-4.
62. Takamata T, Setcos JC, Phillips RW, Boone ME. Adaptation of acrylic resin dentures as influenced by the activation mode of polymerization. *J Am Dent Assoc.* 1989; 119: 271-6.
63. Valizadeh S, Ehsani S, Esmaeili F, Tavakoli MA. Accuracy of digital subtraction radiography in combination with a contrast media in assessment of proximal caries depth. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects.* 2008; 2: 77-81.
64. Volkel T, Zanghellini G, Fischer K, Moszner N, Rheinberger V (2000). Dental material based on polymerizable waxes. United States Patent 6057383, [Website]. Available from: [www.freepatentsonline.com/6057383.html](http://www.freepatentsonline.com/6057383.html). [Accessed: 14 June 2007].
65. Wei L, Sun BJ, Lichkus AM, Weber FJ (2004). Method of making a dental product frame. European Patent Office; Publication number: WO2005027773, [Website]. Available from: <http://v3.espacenet.com/textdoc?DB=EPODOC&IDX=WO2005027773&F=0&QPN=WO2005027773>. [Accessed: 20 January 2009].
66. Whitworth JM, Makhani SHS, McCabe JF. Cure behaviour of visible light-activated pattern materials. *Int Endod J* 1999; 32: 191-196.
67. Wichnalek N (2003). A technical report about LiWa (a new light curing, wax-like sculpting material) [Website]. Available from: [www.wp-dental.de/uploads/media/FachberichtGB\\_01.pdf](http://www.wp-dental.de/uploads/media/FachberichtGB_01.pdf). [Accessed: 5 November 2006].
68. Williams RJ, Rafik T, Al-Hourani Z. An electronic method for measuring the fit of removable partial denture frameworks to dental casts. *J Engin Res* 2009; 6: 15-20.
69. Wu G, Liu X, and Hou Y. Analysis of the effect of CPP-ACP tooth mousse on enamel remineralization by circularly polarized images.

- Angle Orthod 2010; 80: 933-938.
70. Yang, Y., Zhang, H., Chai, Z., Chen, J., and Zhang, S. Multiple logistic regression analysis of risk factors associated with denture plaque and staining in Chinese removable denture wearers over 40 years old in Xi'an—a cross-sectional study. Plos One. 2014; 9: e87749
71. Young BC. A comparison of polymeric denture base materials. [MSc(R) thesis], Glasgow, University of Glasgow, 2010. p. 60-62.
72. Zobel RW. Sensitivity analysis of computer-based diameter measurement from digital images. Crop Sci 2003; 43: 583–591.
73. Аболмасов НГ, Аболмасов НН, Бычков ВА, Аль-Хаким А. Ортопедическая Стом. 1-ое Из. Смоленск -- СГМА; 2000: 361-366.

### المراجع العربية

74. البني صفوح. المواد السنية. منشورات جامعة دمشق، دمشق، 1986، ص100-103، 159-160.
75. بسيسو مجيد. التعويضات السنية الجزئية المتحركة. منشورات جامعة البعث، حماة، 2001، ص 147-160.
76. الحكيم محمد علي، وزير غسان. التعويضات السنية المتحركة الجزئية. منشورات جامعة دمشق، دمشق، 2000، ص32، 197-210.
77. سايس سهام. المواد السنية التعويضية. منشورات جامعة دمشق، دمشق، 2003، ص97-105.
78. السعدي، مهندس. مقارنة انطباق قواعد الأجهزة الأكريلية عند استخدام طرق مختلفة لتصليب الأكريل. (ماجستير)، دمشق، جامعة دمشق، 1998، ص 42-45.

## الملخص باللغة العربية

**المقدمة :** اتسع في الآونة الأخيرة استعمال طريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً في صنع الهياكل المعدنية للأجهزة السنية الجزئية المتحركة كبديل عن الطريقة التقليدية، لما تتميز به من اختصار لمراحل العمل، الأمر الذي ينعكس توفيراً في الوقت والجهد والنفقات.

**الهدف من البحث:** يهدف البحث إلى تقييم انطباق الهياكل المعدنية لأجهزة سنية جزئية متحركة، وذلك عند صنعها في المخبر بالطريقة التقليدية أو بطريقة استعمال الشموع المُصلِّبة ضوئياً (بدون نسخ الأمثلة النهائية).

**المواد والطرق:** أُجريت الدراسة على عينة مؤلفة من 30 هيكلاً معدنياً لجهاز جزئي متحرك، تم صنعها على 30 مثلاً جبسياً، منسوخة عن مثال معدني رئيسٍ وحيدٍ، لفكٍ سفليٍّ أدرجَ جزئياً، من الصنف III حسب كندي تعديل I، ذي امتداد سرجي طويل في جهة وأقصر في الجهة الأخرى؛ حيث صُنِعَ نصفها بالطريقة التقليدية كمجموعة شاهدة، والنصف الآخر صُنِعَ بطريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً. ثم نُقِلَ كل هيكل من هياكل المجموعتين إلى المثال المعدني الرئيس، وقيست الفرجة المُتَشَكِّلة بين السرج المصمت والمثال المعدني، بواسطة آلة تصوير رقمية داخل فموية بنسبة تكبير 16.5 مرة؛ حيث تم قياس الفرج عند ثلاث نقاط في كل طرف، باستعمال برنامج حاسوبي لتحرير الصور. ثم أُجِرِيَ اختبار t للعينات المستقلة من اتجاهين لدراسة دلالة الفروق في متوسط الفرجة بين المجموعتين عند مستوى دلالة إحصائية 5%.

**النتائج:** تبين أن متوسط الفرجة في مجموعة الهياكل المعدنية للأجهزة الجزئية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً أقل وبفارق جوهري من متوسط الفرجة في مجموعة الهياكل المصنوعة بالطريقة التقليدية. في الجهة ذات الامتداد السرجي الأقصر كان متوسط القيم أصغر وبفارق جوهري من الجهة ذات الامتداد السرجي الأطول في مجموعة الهياكل المعدنية للأجهزة الجزئية المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً، أما في مجموعة الهياكل المعدنية للأجهزة الجزئية المصنوعة بالطريقة التقليدية فكانت النتيجة معكوسة.

**الاستنتاجات:** ضمن حدود هذه الدراسة يُمكن أن نستنتج أن دقة انطباق الهياكل المعدنية للأجهزة الجزئية المتحركة المصنوعة بطريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً أفضل من الهياكل المصنوعة بالطريقة التقليدية، كما تختلف دقة الانطباق باختلاف امتداد المنطقة السرجية وباختلاف طريقة الصنع.

**الكلمات المفتاحية:** هيكل كروم مصبوب، انطباق الأجهزة السنية الجزئية المتحركة، طريقة المواد الشمعية المُصلِّبة ضوئياً، قياس الفرجة.

## الملخص باللغة الانكليزية

### Abstract

**Objective:** The aim of this study was to compare the fit accuracies of metal partial removable dental prosthesis (PRDP) frameworks fabricated by traditional technique (TT) or light curing modeling material technique (LCMT).

**Materials and methods:** A metal model of a Kennedy class III modification 1 mandibular dental arch with two edentulous spaces of different span, short and long, was used for the study. Thirty identical working casts were used to produce 15 PRDP frameworks each by TT and by LCMT. Every framework was transferred to the metal master cast to measure the gap between the metal base of the framework and the crest of the alveolar ridge of the cast. Gaps were measured at three points on each side using USB digital intraoral camera at  $\times 16.5$  magnification. Images were transferred to a graphics editing program. A single performed all measurements. The Two-tailed *t*-test was performed at the 5% significance level.

**Results:** The mean gap value was significantly smaller in the LCMT group compared to the TT group. The mean value of the short edentulous span was significantly smaller than that of the long edentulous span in the LCMT group, whereas the opposite result was obtained in the TT group.

**Conclusions:** Within the limitations of this study, it can be concluded that the fit of the LCMT fabricated frameworks was better than the fit of the TT-fabricated frameworks. The framework fit can differ according to the span of the edentate ridge and the fabrication technique for the metal framework.

### KEYWORDS

**Accuracy; Chrome cast framework; Partial denture fit; Light curing modeling material technique; Gap measurement.**

الملحق

**Appendix**

## "The Saudi Dental Journal" موافقة نشر المقالة في مجلة

### Accepted Manuscript

The fit accuracy of metal partial removable dental prosthesis frameworks fabricated by traditional or light curing modeling material technique: an in-vitro study

Mohammad Tarek M. Anan, Mohannad H. Al-Saadi

PII: S1013-9052(15)00014-0  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sdentj.2014.11.013>  
Reference: SIDENTJ 195

To appear in: *The Saudi Dental Journal*

Received Date: 24 July 2013  
Revised Date: 17 August 2014  
Accepted Date: 19 November 2014

Please cite this article as: M.T.M. Anan, M.H. Al-Saadi, The fit accuracy of metal partial removable dental prosthesis frameworks fabricated by traditional or light curing modeling material technique: an in-vitro study, *The Saudi Dental Journal* (2015), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sdentj.2014.11.013>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

