الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم تعويضات الأسنان الثابتة

تأثير عدد مرات خبز الخزف المغطي في الإنطباق الحفافي لتيجان الزيركونيا المصنّعة بتقنية (CAD/CAM)

(دراسة مخبرية)

The effect of firing cycles of veneering porcelain on marginal fit for zirconia crowns fabricated by (CAD/CAM) technique

(In vitro study)

أطروحة قدمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الماجستير في اختصاص تعويضات الأسنان الثابتة

إعداد

منصور فواز أبو القصب

إشراف

الأستاذ الدكتور فندي الشعراني

1436 -2015

تصريح

لا يوجد أيّ جزءٍ من هذه الأطروحة تمّ أخذه بالكامل من عملٍ آخر، أو أنجِز للحصول على شهادةٍ أخرى في هذه الجامعة، أو في أيّة جامعةٍ أخرى، أو أيّ معهدٍ تعليميّ.

بسم الله الرَّحمن الرَّحيم

﴿ وَقُل رَّبِّ زِدنِي عِلْماً ﴾

صدق الله العظيم

سورة طه

الآية 114

الإهداء

إلى الروح التي عشقت العطاء، إلى من علّمني الحياة

قدوتي ومعلمي الأول..

والدي رحمه الله

إلى من أشبعتني من غذاء روحها وإنسانيتها قبل غذاء جسمها

عنوان البسمة والأمل..

والدتي

إلى من تشاركني درب الحياة والعلم

إلى من بَعُدت عن عيني وهي نبض القلب

زوجتي

إلى من تنظم بصوتها وضحكتها نبضات قلبي

ابنتي ماسة

إلى من استمد منهن عزتي وعزيمتي..

إخوتي وأخواتي

إلى المعلم الفاضل و الأم الحنون..

والد ووالدة زوجتي

كلمة شكر

بعد الحمد والشكر لله الذي أعانني على إتمام هذا البحث، لا يسعني إلا أن أتقدم بفائق الشكر والاحترام لأولئك الذين أناروا دروبنا فكانوا مشاعل اهتدينا بها في طريق العلم لنتخطى الصعاب ونقف واثقي الخطا...

أبدأ بالشكر الجزيل وكل الاحترام والتقدير لأستاذي **الأستاذ الدكتور فندي الشعراني** الذي لم يبخل علي بوقتٍ أو جهد، فكان المعلم والأب والصديق، وقدم لي الكثير من النصح والإرشاد والتشجيع خلال مسيرتي العلمية، وأنا هنا لن أوفيه بكلماتي هذه إلا القليل.

وأتوجه بالشكر العميق **للأستاذ المساعد الدكتور اياد سويد** الذي كان السند الأكبر والاخ الناصح لي في دراستي و حياتي.

كما أتقدم بالشكر الجزيل **للأستاذ المساعد الدكتور جهاد أبو نصّار**، لتكرمه بقبول المشاركة في تحكيم هذه الأطروحة، وأتوجه بالشكر **للأستاذ المساعد الدكتورة علا ياسين** التي شرفتني بمشاركتها في لجنة الحكم، فلهما مني كل احترام وتقدير، وشكر موصول لجميع الأساتذة في قسم تعويضات الأسنان الثابتة.

كما أتوجه بالشكر والامتنان لإدارة كلية طب الأسنان ممثلة **بالأستاذة الدكتورة رزان خطاب** عميد كلية طب الأسنان، **والأستاذ الدكتور إياد الشعراني** نائب عميد كلية طب الأسنان للشؤون العلمية، و**الأستاذ الدكتور ياسر المدلل** نائب عميد كلية طب الأسنان للشؤون الإدارية.

كما أنني أشكر زملائي وزميلاتي في كلية طب الأسنان وأخص بالذكر الدكتور أنس عبده، الدكتور أيمن خليل، الدكتور مصعب ناصر الدين، الدكتور أسامة يوسف لمساعدتي في إنجاز هذه الأطروحة.

كما لا يسعني أخيراً إلا أن أشكر كل من ساعدني ووقف بجانبي في إنجاز هذا البحث، وإن نسيت ذكر أحدٍ، فإنه سهواً مني لا تجاهلاً لفضله..

الباحث

قائمة المحتويات

	المقدِّمة	10
	الهدف من البحث	13
1	المراجعة النّظريّة	14
1-1	تعريف الزيركونيا	15
1-1-1	التّقبل الحيوي للزيركونيا	16
2-1-1	الخواص الفيزيائية والميكانيكية للزيركونيا	16
3-1-1	البنية البلورية للزيركونيا	18
4-1-1	تثبيت الزيركونيا	20
5-1-1	متانة التحول	20
6-1-1	تحلّل الزيركونيا في درجة الحرارة المنخفضة	22
7-1-1	أنماط خزف الزيركونيا	24
8-1-1	ارتصاص الزيركونيا	27
9-1-1	تأثير بعض العوامل على الزيركونيا	28
2-1	تقنيات تصميم وتصنيع نواة الزيركونيا	30
1-2-1	نظام الـ CAD/CAM	31
2-2-1	مراحل تطور أنظمة الـ CAD/CAM	31
3-2-1	مكونات نظام الـ CAD/CAM	33
4-2-1	ميزات استخدام تقنية الـ CAD/CAM	35
5-2-1	مساوئ تقنية الـ CAD/CAM	36

6-2-1	استعراض لأنظمة الـ CAD/CAM المعروفة	37
7-2-1	مواد الترميم في (CAD/CAM)	38
3-1	الانطباق الحفافي	40
1-3-1	العوامل المؤثرة في تقييم الانطباق الحفافي	41
2-3-1	طرائق قياس الانطباق الحفافي	42
3-3-1	القياس المقبول سريرياً للفرجة الحفافية	45
4-1	الخزف المغطي	47
1-4-1	تقنيات تطبيق الخزف المغطي	48
5-1	الدراسات السابقة	52
2	مواد وطرائق البحث	56
1-2	عيِّنة البحث	57
2-2	مواد البحث	58
3-2	أدوات وأجهزة البحث	61
4-2	طريقة العمل	66
1-4-2	طريقة تحضير العينة	66
2-4-2	صنع القبعات الزيركونيّة	67
3-4-2	إلصاق القبعات الزيركونيّة على الدعامات المعدنية	68
4-4-2	قياس الإنطباق الحفافي قبل تطبيق الخزف المغطي	69
5-4-2	تطبيق الخزف المغطي	70
3	النتائج	79

1-3	وصف العينة	80
2-3	الدراسة الإحصائية التحليلية	80
1-2-3	توزع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز	82
2-2-3	نتائج قياس الفرجة الحفافية في جميع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة	83
3-2-3	نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة	84
4-2-3	نتائج حساب مقدار التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة.	86
5-2-3	نتائج حساب نسبة التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة	87
4	المناقشة	88
1-4	مناقشة مواد وطرائق البحث	89
2-4	مناقشة نتائج البحث	92
5	الإستنتاجات	99
6	المقترحات والتوصيات	101
1-6	المقترحات	102
2-6	التوصيات	103
7	المراجع	104
	الملخص	
	الملخص باللغة العربيّة	

	الملخص باللغة الإنجليزيّة	

قائمة إضافيّة رقم 1: قائمة بالجداول التّوضيحيّة

الجدول (1-1)	جدول بعض أنظمة الـCAD/CAM وتاريخ إصدراها وآلية عملها	37
الجدول (1-2)	جدول يوضح المواد المستخدمة في أنظمة الـ CAD/CAM	38
الجدول (1-3)	محاسن ومساوئ طريقتي الرؤية المباشرة والمقاطع الطوليّة	43
الجدول (3-1)	جدول يُبيّن توزع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز	82
الجدول (3-2)	جدول يُبيّن المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز.	83
الجدول (3-3)	جدول يُبيّن نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المراحل الأربع المدروسة (قبل الخَبز، بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز، بعد خمس دورات خَبز) في عينة البحث.	84
الجدول (3-4)	جدول يُبيّن المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز	86
الجدول (3-5)	جدول يُبيّن المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لنسبة التغيّر في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز.	87

قائمة إضافيّة رقم 2: قائمة بالأشكال المرافِقة

الشكل (1-1)	يُوضّح أنماط بلورات الزيركونيوم	19
الشكل (1-2)	يُوضّح كيفية تحول الزيركونيوم على المستوى البلوري	21
الشكل (1-3)	يُوضّح الزيركونيا المقواة بالالومينا	25
الشكل (1-4)	يُوضّح البنية البلورية للزيركونيا المستقرة جزئياً	26
الشّكل (1-5)	يُوضّح الزيركونيا رباعية الأضلاع متعددة البلورات	26
الشّكل (1-6)	شكل ترسيميي يُوضّح الشّكل الصحيح لمنطقة اتصال التاج مع السن	40
الشّكل (1-7)	يُوضّح الأشكال الخطأ لمنطقة اتصال التاج مع السن عند الحدود العنقية	41
الشكل (2-1)	شكل ترسيمي للدعامات المعدنية يُوضّح أبعاد الدعامات و درجات ميلان الجدران المستخدمة	57
الشكل (2-2)	يُوضّح قوالب الزيركون المستخدمة.	58
الشكل (2-3)	يُوضّح بخاخ الـScan Marker من شركة Amanngirbach	58
الشكل (2-4)	يُوضّح الإسمنت المستخدم في عمليات الإلصاق	59
الشكل (2-5)	يُوضّح الخزف الفلدسباري المستخدم	59
الشكل (2-6)	يُوضّح صفيحة vacumm	60
الشكل (2-7)	يُوضّح الاكريل ذاتي التصلب مسحوق + سائل	60
الشكل (2-8)	يُوضّح المخرطة الصناعية التي استخدمت في تصنيع الدعامات المعدنية	61
الشكل (2-9)	يُوضّح جهاز النحت الآلي Ceramill-motion	62
الشكل (2-10)	يُوضّح فرن الارتصاص من شركة Amanngirrbach	62

الشكل (2-11)	يُوضّح فرن خبز الخزف dentsply, mulitmat c	63
الشكل (2-12)	يُوضّح المجهر الضوئي OLYMPUS BX41	64
الشكل (2-13)	يُوضّح جهاز تطبيق قوى الضغط	64
الشكل (2-14)	يُوضّح مقياس سماكة	65
الشكل (2-15)	يُوضّح الدعامات المعدنية بزاوية تحضير 20°	66
الشكل (2-16)	يُوضّح دعامة معدنية قبل اجراء الحفرة المانعة للدوران	66
الشكل (2-17)	يُوضّح الدعامات المعدنية	68
الشكل (2-18)	يُوضّح الانفتاح الحفافي لإحدى العينات قبل تطبيق الخزف المغطي	69
الشكل (2-19)	يُوضّح القالب المستخدم لصنع القاعدة الاكريلية	71
الشكل (2-20)	يُوضّح الدعامة المعدنية ضمن القاعدة الاكريلية	71
الشكل (2-21)	يُوضّح الدعامة المعدنية مع القبعة الزيركونيّة قبل تطبيق الخزف المغطي	72
الشكل (2-22)	يُوضّح تطبيق الخزف المغطي	72
الشكل (2-23)	يُوضّح القبعة الزيركونية ضمن فرن خبز الخزف	73
الشكل (2-24)	يُوضّح سماكة الخزف المغطي 1 ملم بعد الخبز	73
الشكل (2-25)	يُوضّح العينة ضمن جهاز vacumm من اجل صنع قالب ضبط السماكة	73
الشكل (2-26)	يُوضّح القالب المستخدم لضبط السماكة	74
الشكل (2-27)	يُوضّح القبعات الزيركونيّة بعد تطبيق الخزف المغطي وخبزه	74
الشكل (2-28)	يُوضّح الدعامات المعدنية بعد الصاق القبعات الزيركونيّة وخبز الخزف المغطي	75
الشكل (2-29)	يُوضّح احدى العينات أثناء قياس الإنطباق الحفافي	75

الشكل (2-30)	يوضح برنامج خبز الخزف المستخدم	76
الشكل (2-31)	يُوضّح قياس الفرجة الحفافية	77
الشكل (2-32)	يُوضّح قياس الفرجة الحفافية	77
الشكل (2-33)	يُوضّح قياس الفرجة الحفافية	78
الشكل (2-34)	يُوضّح قياس الفرجة الحفافية	78
الشكل (2-35)	يُوضّح قياس الفرجة الحفافية	78
الشكل (2-36)	يُوضّح قياس الفرجة الحفافية	79

قائمة إضافيّة رقم 3: قائمة بالمخطّطات التّوضيحيّة

مخطّط (3–1)	*يمثل النسبة المئوية لتوزع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز.*	82
مخطّط (3–2)	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز.	83
مخطط (3–3)	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز.	86
مخطط (3–4)	*يمثل المتوسط الحسابي لنسبة التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز.*	87

المقدمة

Introduction

المقدمة:

شاع استخدام الزيركونيا في ظل تطور أنظمة الخزف كنظام خزف تعويضي (Jones, 1985, Schneider, 2000)، وذلك بسبب خصائصها الملاحظة في الجمالية والتقبل الحيوي الممتاز وتقليل تراكم اللويحة الجرثومية والمتانة العالية (Kohorst et al., 2010).

تُستخدم طريقة الـ CAD/CAM في تصنيع القالب الزيركوني (Raigrodski, 2004) ويتم تطبيق خزف مغطي على القالب الزيركوني الأبيض لضمان خصائص تجميلية للترميم (Kohorst et al., 2010).

تتضمن عملية التغطية عملية خبز الخزف بدرجات حرارة تتراوح بين (750˚ – 900˚)، تتبعها عملية تبريد للترميم وتكون مرة واحدة على الأقل لكنها عادة تتراوح بين (2– 5) مرات (Oilo et al., 2008).

يُعد الانطباق الحفافي واحداً من المعايير الأكثر أهمية في التقييم السريري وتقييم النجاح للترميمات السنية الثابتة (Karlsson, 1993, Oden et al., 1998, Sailer et al., 2007a, Sailer et al., 2007b). والنقص في الانطباق الحفافي يمكن أن يؤدي إلى نتائج سلبية والتي من الممكن أن تؤدي إلى فشل التعويض (Sailer et al., 2007a).

يكشف النقص الكبير في الانطباق الحفافي الإسمنت المستخدم ويجعله عرضة لعوامل الوسط الفموي. وإذا كانت الفرجة الحفافية كبيرة فإن الاسمنت اللاصق سينحل بسرعة كنتيجة للقوى الميكانوكيميائية وتعرضه لسوائل الحفرة الفموية (Jacobs and Windeler, 1991). إنّ هذا التّسرب الحفافي سوف يؤدي إلى نخر ثانوي، والتهاب اللب، ومن ثمَّ التموت (Knoernschild and Campbell, 2000) .

كما أن عدم تلاؤم الانطباق الحفافي يؤدي أيضاً إلى تثبيت اللويحة الجرثوميّة، وتغيرات بنيوية في الفلورا تحت اللثوية، وبالتالي يؤدي إلى التهاب اللثة والنسج حول السنية (Felton et al., 1991) .

أخيراً، إنّ الانفتاح الحفافي سيولد تركز للجهود والذي يمكن أن يُنقص من متانة التعويض (Balkaya et al., 2005).

وبإعطاء الأهمية لدقة انطباق الترميم، فإن هناك الكثير من الجدل حول تأثير الخزف المغطي في الترميمات الخزفية الكاملة، وقد أشار Balkaya وزملاؤه بأنّ لعملية خبز الخزف أثراً على الانطباق الحفافي لتيجان الإنسيرام الخزفية الكاملة (Balkaya et al., 2005).

الهدف من البحث:

- دراسة تأثير عملية خبز الخزف المغطي في الانطباق الحفافي لتيجان الزيركونيا المصنّعة بتقنية (CAD/CAM).
- دراسة تأثير عدد مرات خبز الخزف (دورة واحدة، ثلاث دورات، وخمس دورات) في الانطباق الحفافي لتيجان الزيركونيا المصنّعة بتقنية (CAD/CAM).

الباب الأول

المراجعة النّظريّة

Literature Review

1-1 تعريف الزيركونيا:

إن كلمة زيركونيوم قد تكون مشتقة من الكلمة الفارسية (zargun) زاركون، والتي تعني ذهبي اللون ويعرف حاليا باسم (Hyacinth) وهو عبارةٌ عن حجرٍ كريمٍ برتقالي اللون محمرٍ.

الزيركونيا هي ثنائي أوكسيد الزيركونيوم البلوري ZrO_2، فلز غير عضوي يوجد في الطبيعة على شكل بلورات من سيليكات الزيركونيا $ZrSiO_4$ يتم إرجاعها للحصول على أوكسيد الزيركونيوم كما يتواجد على شكل أوكسيد الزيركونيوم الحر(Vagkopoulou et al., 2009).

تمتاز هذه المادة بخواص ميكانيكية مشابهة للمعادن ولون مشابه للون الأسنان (Piconi and Maccauro, 1999). يعدّ هذا الفلز من المواد النادرة التي تستخدم في صناعة الحلي والمجوهرات، اكتشف لأول مرة عام 1789 بالصدفة على يد العالم الألماني "Martin Heinrich Klaproth" (Pilathadka and Vahalova, 2007).

أول استخدام للزيركونيا لأغراض طبية كان عام 1969 وكان متعلقاً بالتطبيقات الجراحية العظمية حيث قُدِّم كمادة جديدة لاستبدال المفصل الفخذي بدلاً من تعويضات التيتانيوم أو الألومينا (Helmer and Driskell, 1969)، أما أول استخدام له في طب الأسنان فكان عام 1990.

وقد ازدهر استخدام الزيركونيا في المجال السني بشكل كبير خلال السنوات الأخيرة اعتماداً على ثلاث خواص رئيسية تميزه عن باقي المواد التعويضية (Manicone et al., 2007):

- خواص تجميلية جيدة.
- مقاومة تآكل أفضل من المعدن ويُعزى ذلك إلى غياب تأثيرات التيارات الغلفانية.
- مقاومة للكسر والتصدّع أفضل من باقي أنواع الخزف.

1-1-1 التقبل الحيوي للزيركونيا: Biocompatibility of Zirconia

ركّزت الأبحاث الجراحية العظمية على السلوك الميكانيكي للزيركونيا، وعلى اهترائه، وعلى اندماجه بالعظم. أُنجزت الدراسات الأولى سريرياً لأن التقنيات المخبرية لم تكن متطورة بعد بشكلٍ كافٍ، وقد تمّ تقييم رد الفعل الناتج عن وضع الزيركونيا في عظم الفخذ عند القرد حيث لم تظهر أي استجابات عكسية (Manicone et al., 2007). ثم أجريت العديد من الدراسات المخبرية للحصول على معلومات حول السلوك الخلوي تجاه هذه المادة، وأكد التقييم المخبري أن الزيركونيا غير سامة خلوياً(Lohmann et al., 2002) ،وهي غير قادرة على إحداث طفرات في المورثات الخلوية (Silva et al., 2002) بالإضافة إلى ذلك فإن أوكسيد الزيركونيوم ينتج ردّ فعلٍ أقلّ في النسج من المواد الترميمية الأخرى بما فيها التيتانيوم (Warashina et al., 2003).

يمكن تلخيص أهم خواص الزيركونيا بالنقاط التالية:

- مادة غير حلولة في الماء وبالتالي فهي غير سامة (Zarone et al., 2011).
- قابلية التصاق الجراثيم عليها ضعيفة جداً وهذا جانبٌ هام من أجل الحفاظ على ترميمات الزيركونيا بدون تسرب حفافي أو تهيج حول سني (Scarano et al., 2004, Rimondini et al., 2002).
- خواص ميكانيكية عالية، ثابتة الأبعاد، ثابتة كيميائياً.(GA, 2008)
- ظلالية شعاعية جيدة.(McLaren)

1-1-2 الخواص الفيزيائية والميكانيكية للزيركونيا: Physical & Mechanical Properties

تتعلّق العديد من خصائص الزيركونيا ببنيته البلورية، وبالتحديد بانتقاله من الطور رباعي الأضلاع T إلى الطور أحادي الميلان M.

يمتلك خزف الزيركونيا خواص ميكانيكية عالية مشابهة لتلك التي يمتلكها الفولاذ اللاصدئ (Manicone et al., 2007) فهو ذو مقاومة عالية للكسر حيث وصلت مقاومته للضغط في إحدى الدراسات إلى مايقارب 2000 ميغاباسكال (Piconi and Maccauro, 1999) أما مقاومته للالتواء فسجلت قيمة مقدارها 900–1200 ميغاباسكال (Guazzato et al., 2002) وهي تعدّ قيمة عالية إذا ما قورنت بخزف الألومينا والخزف الزجاجي (Coelho et al., 2009) ويمكن تحمّل الجهود الدورية بشكل جيد بواسطة هذه المادة، وإذا قورنت مقاومة انكسار خزف الزيركونيا ببعض أنظمة الخزف الأخرى الخالية من المعدن فسوف يُلاحظ أن خزف الزيركونيا قد حقق أعلى القيم في هذا المجال إذ سُجِّلت في إحدى الدراسات مقاومة انكسار مقدارها 282 نيوتن لترميمات ثنائي سيليكات الليثيوم، 518 نيوتن لترميمات الألومينا، مقابل 755 نيوتن لترميمات الزيركونيا (Lüthy et al., 2005)، ونتيجةً لهذه الخواص الميكانيكية العالية افترضت بعض الدراسات أن هذا النوع من الخزف قابل للاستخدام على الأرحاء لصناعة التيجان المفردة أو الجسور الطويلة (Tinschert et al., 2004, Raigrodski et al., 2006) وعلى الرغم من أن بعض الشركات المصنّعة تسمح أيضاً بصناعة ترميمات لكامل القوس السنية إلا أن الجسور المؤلفة من خمس قطع هي أكثر مايمكن الحصول عليه حتى الآن(Larsson et al., 2005).

تتغير الخواص الفيزيائية لخزف الزيركونيا تبعاً للمعالجات السطحية التي يتعرّض لها فالتعرّض للرطوبة لفترة طويلة يمكن أن يكون له تأثيرٌ ضارٌ على خصائصه كما أن السحل السطحي يمكن أن يقلل من القساوة (Luthardt et al., 2002).

يتميز الزيركونيا بظلاليةٍ شعاعيةٍ وهذا مفيد في جانبين، إذ يمكن استخدامه عند الحاجة لتتويج الأسنان المتلوّنة دون أن يؤثر ذلك على الناحية التجميلية، كما أن هذه الظلالية مفيدة جداً لضبط الانطباق الحفافي للترميم من خلال التقييم الشعاعي.

3-1-1 البنية البلورية للزيركونيا Crystallography of Zirconia:

يوجد لخزف الزيركونيا 5 أطوار صلبة معروفة على الأقل، في حين لوحظت تحت شروط المعالجة الطبيعية (بدون ضغط أو وسط ذي ضغطٍ منخفض ودورات حرارية تقليدية) فقط ثلاثة أطوار وذلك اعتماداً على درجة الحرارة وإضافة أكاسيد الاستقرار. وسوف يتم التركيز هنا فقط على هذه الأطوار الثلاثة باعتبارها ذات أهمية للتطبيقات الطبية الحيوية.

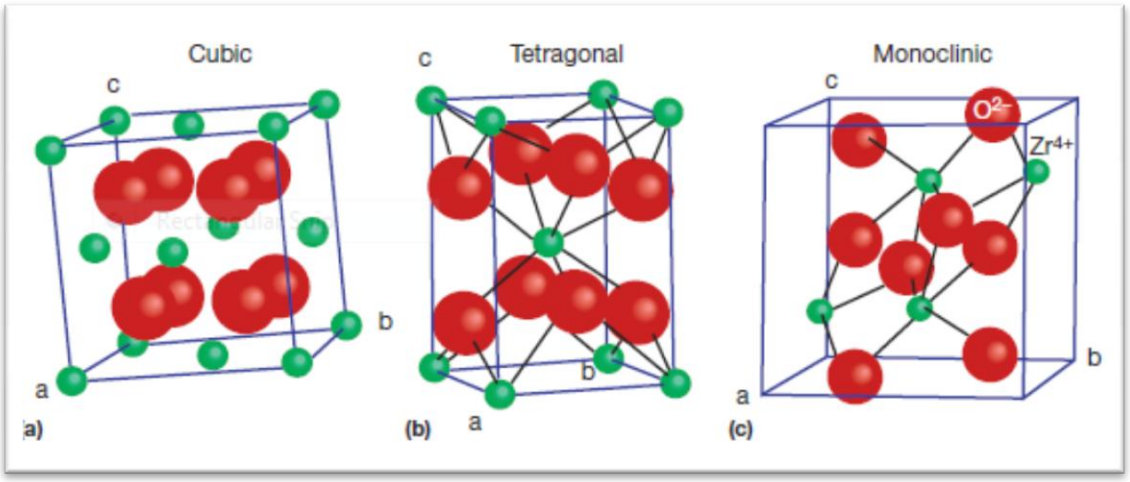
يمكن أن تنتظم بلورات الزيركونيا في ثلاثة نماذج (من درجة حرارة منخفضة إلى مرتفعة) (Chevalier and Gremillard, 2011)

1- النموذج أحادي الميلان Monoclinic ويرمز له بالرمز (M): وهو يُشاهد في درجة حرارة الغرفة وحتى درجة 1170°C.

2- النموذج رباعي الأضلاع Tetragonal يرمز له بالرمز (T): يُشاهد في درجة حرارة أعلى من 1170° C وحتى 2370°C، يتميز هذا الطور بأنه غير مستقر وهو قادر على التحول إلى الطور أحادي الميلان.

3- النموذج المكعب Cubic يرمز له بالرمز (C): يُشاهد في درجات حرارة أعلى من 2370° C وحتى درجة الانصهار 2680° C (Goff et al., 1999).

و الشكل التالي يوضح هذه البلورات:



شكل (1-1): صورة توضح النماذج الثلاث لبلورات الزيركونيا

بعبارةٍ أخرى يمكن القول أن الزيركونيا النقيّة تكون أحادية الأضلاع (M) في درجة حرارة الغرفة وبضغطٍ منخفض، بزيادة درجة الحرارة تتحول المادة إلى رباعية الأضلاع (T) بدرجة حرارة 1170°C تقريباً، ومن ثم إلى مكعبة (C) بدرجة حرارة حوالي 2370°C وتذوب عند 2716°C.

هذه التحوّلات بين الأنماط البلورية توصف بأنها (Denry and Kelly, 2008):

1. غير منتشرة: أي تشمل فقط بعض أجزاء الشبكة البلورية دون حدوث انتقالٍ للذرات.

2. تحدث تحت تأثير الحرارة: مما يدل على الحاجة إلى أن تكون تغيرات درجة الحرارة ضمن مدى معين ذُكِر سابقاً.

3. تتضمّن تشوه الشكل.

تكون تغيرات الحجم خلال التبريد والمتعلقة بهذه التحولات هامة وكبيرة لدرجةٍ تجعل المادة النقية غير مناسبة للتطبيقات التي تحتاج بنية صلبة ذات خصائص عالية:

- من الطور C إلى الطور T: يتغير الحجم بمقدار 2,31%.
- من الطور T إلى الطور M: يتغير الحجم بمقدار 4,5%.

تتحول البنى الملبّدة من الطور T إلى الطور M خلال الالارتصاص ضمن درجة حرارة (1300- 1500) °C.

1-1-4 تثبيت الزيركونيا (Denry and Kelly, 2008, Garvie and Nicholson, 1972):

من أجل تأمين استقرار الزيركونيا ذات الطور رباعي الأضلاع أو المكعب في درجة حرارة الغرفة وضبط تحولاتها بين الأنماط البلورية الثلاثة سابقة الذكر، تُضاف بعض الأكاسيد المعدنية منخفضة التكافؤ التي تساعد على استقرارها والتي يمكن أن تصنّف في العديد من الأصناف بالاعتماد على تكافؤ ذراتها(Chevalier and Gremillard, 2011):

- ذرات ثنائية التكافؤ: كالكالسيوم والمغنزيوم وهما الذرات ثنائية التكافؤ الوحيدة المستخدمة وينتج عن إضافتها خزف PSZ (Partially Stabilized Zirconia).

- ذرات ثلاثية التكافؤ: يُعد اليتريوم أكثرها استخداماً وقد يوجد السكانديوم والغاليوم والحديد في بعض التطبيقات، وينتج عن إضافتها خزف TZP (Polycrystals Tetragonal Zirconia) و PSZ.

- ذرات رباعية التكافؤ: كالسيريوم وينتج عن إضافتها خزف TZP.

1-1-5 متانة التحول Transformation Toughening:

إن أفضل الخواص الميكانيكية للزيركونيا يمكن تحقيقها فقط إذا تمكّنت بعض الحبيبات من التحول تحت الضغط من الطور رباعي الأضلاع غير المستقر إلى الطور أحادي الميلان المستقر، وهذا هو مفهوم متانة التحول. بعبارةٍ أخرى يمكن القول أن الزيركونيا تُستخدم كخزف حيوي فقط إذا كانت غير مستقرة بشكل كامل

إلا أن هذه الاستقرارية المتبدلة للطور رباعي الأضلاع في درجة حرارة الغرفة قد تؤدي إلى تحول في السطوح التي تكون بتماسٍ مع الماء (سوائل الجسم) وهذه الظاهرة تُسمى تحلُّل الزيركونيا أو الـ LTD (Low Temperature Degradation).

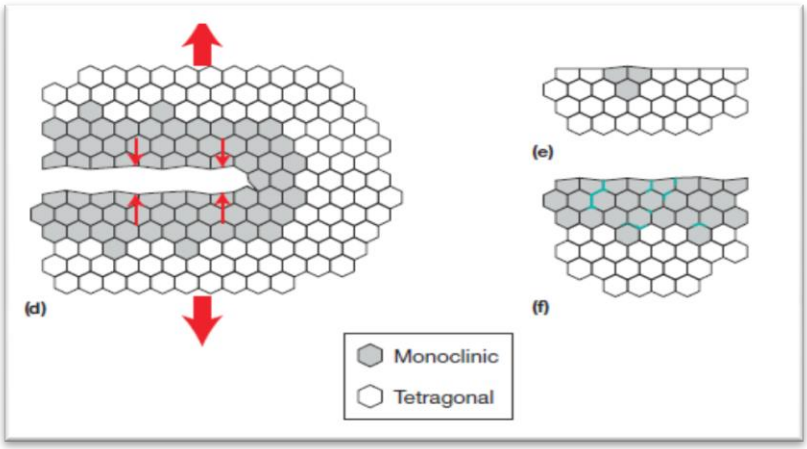
اكتشفت متانة التحول عام 1975 من قبل العالم Garvie (Garvie et al., 1975). وهذا التحول الناتج عن الضغط خلق الظروف لزيادة قوة وقساوة الزيركونيا لدرجات لم يتم الوصول إليها من قبل في أنواع الخزف السابقة.

عند تطبيق ضغط على سطح الزيركونيا يحدث تحول بلوري في البنية، وهذا يُنتِج تغيراً حجمياً في البلورات في مكان تطبيق الضغط، وهنا فإن طاقة التصدع (Cracking energy) تُحدِث التحول M – T.

هذا التعديل البلوري يتبعه تمدّد يؤدي إلى ختم الشق (Manicone et al., 2007) إذ أن وجود جهود الشد في جوار الصدع يُحرِّر القيود الميكانيكية المفروضة على الطور الرباعي غير المستقر ويسمح له بالتحول إلى الطور أحادي الميلان مما يؤدي إلى تشكل منطقة التحول.

من الواضح أن هذا لايمكن أن يحدث إذا كان الطور T مستقراً.

ويوضح المخطط التالي كيفية حدوث هذا التحول على المستوى البلوري:



شكل (1–2): صورة توضح كيفية حدوث التحول على المستوى البلوري

يُرى تأثير متانة التحول عند مقارنة سرعات تولّد الشقوق في مختلف أنماط الزيركونيا. فعلى سبيل المثال، الفرق بين المقاومة الجيدة لتولد الصدوع في الزيركونيا 3Y−TZP رباعية الأضلاع والمقاومة المتوسطة للزيركونيا المكعبة يأتي من متانة التحول (Chevalier et al., 2001) ، وقد تبين أيضاً أن زيادة حجم الحبيبات في خزف 3Y−TZP تؤدي إلى زيادة فعالية متانة التحول وبالتالي مقاومة أفضل لتولد الشقوق وقساوة أفضل.

إذاً يمكن اختصاراً تعريف متانة التحول على أنها من الآليات الكامنة التي تسمح بتبديد إضافي للطاقة عند أطراف الصدوع نتيجةً للضغط يليها تمدد في الحجم بمقدار 3−5%.

1−1−6 تحلّل الزيركونيا في درجة الحرارة المنخفضة Low Temperature Degradation LTD:

يمكن أن يحرّض وجود الماء التحول M – T على سطح الزيركونيا وقد تم توثيق ذلك في الزيركونيا رباعية الأضلاع من النمط Y−TZP، وعلى النقيض من التحول M – T الذي يحدث ضمن كتلة المادة بجوار الشق المتولِّد فإن هذا التحول على السطح في وجود الرطوبة يؤدي إلى انخفاضٍ في خواص المادة وتدعى هذه الظاهرة أيضاً بظاهرة شيخوخة الزيركونيا Ageing.

تُعتَبر هذه الظاهرة جوهرية في خزف 3Y−TZP إلا أنها تعتمد بشكل كبير على البنية المجهرية وعلى ظروف معالجة الزيركونيا وهي يمكن أن تُقَلَّل إلى حدها الأدنى تحت الشروط التالية:

- إبقاء حجم الحبيبات صغيراً.
- الكثافة العالية وعدم وجود مسامية في خزف الزيركونيا.
- عدم وجود جهود شد متبقية في أجزاء المادة المعرّضة للماء.
- عدم وجود طور مكعب C.

سُجِّلت هذه الظاهرة لأول مرة من قبل العالم Kobayashi (Kobayashi et al., 1981).

إذ لوحظ أن التحول البطيء M – T من الطور رباعي الأضلاع غير المستقر إلى الطور أحادي الميلان الأكثر استقراراً يحدث في الحبيبات السطحية في وسط رطب في درجة حرارة منخفضة نسبياً °C(400–150) وتحديداً في المجال °C(300–200). (Swab, 1991)

يبدأ الـ LTD عادةً على سطح الزيركونيا ويتقدم لاحقاً باتجاه معظم كتلة المادة، يكون تحول كل حبيبةٍ مترافقاً بزيادة في الحجم تسبب جهوداً إضافية في الحبيبات المحيطة وتؤدي إلى حدوث تصدع مجهري يتلو ذلك نفوذ الماء ضمن الكتلة مما يفاقم من عملية التحلل وحدوث التحولات. يؤدي نمو منطقة التحول إلى زيادةٍ في كمية الطور أحادي الميلان وحدوث تصدع مجهري حاد وأخيراً خشونة في السطح تؤدي في النهاية إلى انخفاض في المقاومة. ومن العوامل التي يمكن أن تُشجِّع على حدوث ظاهرة التحلل: حجم الحبيبات لذا فمن الأفضل أن تكون ذات أحجام صغيرة، وكمية المادة المسببة لاستقرار الطور الرباعي فكلما زادت كميتها ساهم ذلك في تناقص معدل حدوث هذه الظاهرة،(Hannink et al., 2000) ووجود الجهود المتبقية Residual stresses(Deville et al., 2006)، ووجود الرطوبة.(Swab, 1991)

وكنتيجةٍ لما ذُكِر تمّ عام 2001 أخذ بعض السلاسل من الرؤوس المفصلية الفخذية المصنوعة من الزيركونيا Y–TZP بسبب الكسور التلقائية التي كانت نتيجةً للتحول من الطور رباعي الأضلاع إلى الطور أحادي الميلان في المنطقة المركزية من رأس المفصل الفخذي وهذا ماأدى إلى الفشل الكارثي لهذا النوع من المفاصل وقد أثارت هذه الحادثة اهتمام الكثير من الباحثين الذين سعوا للبحث من أجل توضيح سبب الفشل.(Chevalier et al., 2004, Chevalier, 2006)

وعلى الرغم من أن ظاهرة الـ LTD تقلّل من الخواص الميكانيكية للزيركونيا إلا أن قيم المقاومة تقلّ إلى قيم مقبولة سريرياً في الوسط الفموي.(Att et al., 2007)

خلاصة:

استناداً إلى ماسبق يمكن القول بأن متانة التحول والـ LTD هما في الحقيقة مصطلحان مترادفان يُقصَد بهما أن الطور رباعي الأضلاع غير المستقر يمكن أن يتحول إلى الطور أحادي الميلان. الجانب الإيجابي هو التحول تحت الضغط والذي يُمكِّن الزيركونيا من مقاومة القوى العالية، بينما الجانب السلبي هو التحول الممكن حدوثه في السطح والذي يؤدي إلى صدوع مجهرية وخشونة.

إذاً فالمطلوب الآن إنتاج خزف زيركونيا قادر على التحول تحت الجهود المطبقة ولكن بأقل حساسية ممكنة للماء أي الحفاظ على التوازن الحساس بين استقرارية الطور T الضرورية لمقاومة التحلل LTD وقابلية التحول للطور T الضرورية لمتانة التحول اللازمة لمقاومة تولد الصدوع.

1-1-7 أنماط خزف الزيركونيا:

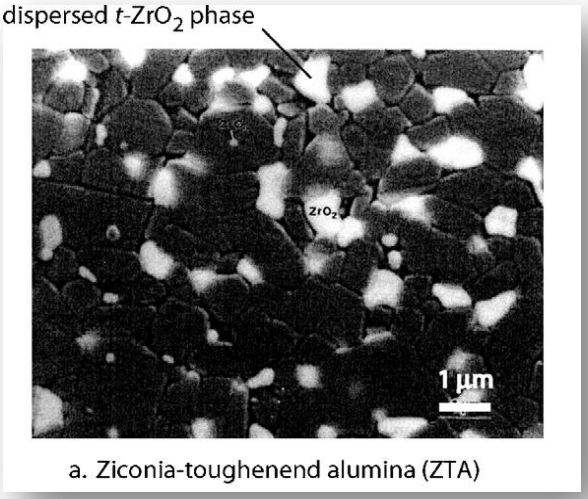
اعتماداً على تطبيقات التحول M – T يمكن أن تّصنَّف الزيركونيا في ثلاثة أشكال:

1. أشكال الخزف المقواة بالزيركونيا Zirconia-Dispersed Ceramics:

وهي مواد تعتمد على بعثرة بلورات الزيركونيا في مادة أخرى، و هذه المواد هي الأقل انتشاراً والأقل أهميةً تجارية.

من أمثلتها الألومينا المقواة بالزيركونيا Zirconia-Toughened Alumina والتي يرمز لها بالرمز (ZTA) أو المولايت المقوى بالزيركونيا Zirconia-Toughened Mullite (ZTM).

المثال التجاري الوحيد في المجال السني عن الخزف المقوى بالزيركونيا هو الـ Zirconia InCeram (Vita) والذي يتألف من ألومينا وزيركونيا بمعدل مئوي حجمي قدره 30:70 على الترتيب (Holand et al., 2008).



شكل (1-3): صورة توضح البنية البلورية للألومنيا المقواة بالزيركونيا

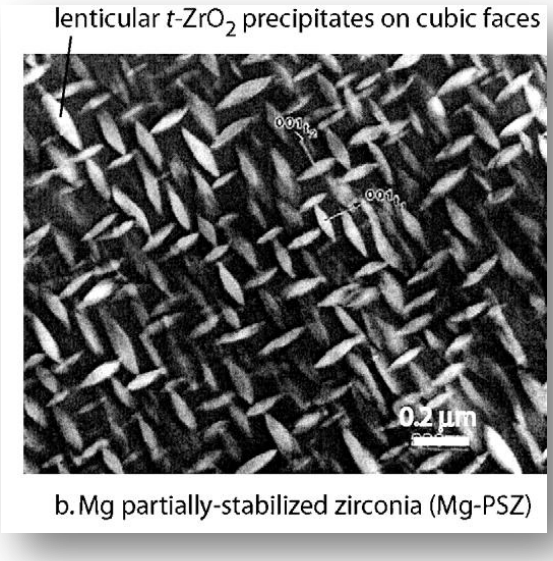
تُعدّ هذه المادة ثنائية الطور مع غلبة الطور رباعي الأضلاع، وهنا لايتطلب استقرار الطور T في درجة حرارة الغرفة استخدام الأكاسيد وبدلاً عن ذلك يتمّ التحكم به بواسطة حجم الجزيئات وشكلها وموقعها.

مثال: في خزف الـ ZTA الجزيئات التي تكون فوق حجمٍ معين سوف تتحول إلى الطور أحادي الميلان تبعاً للتبريد إلى درجة حرارة الغرفة.

2. الزيركونيا المستقرة جزئياً Partially Stabilized Zirconia (PSZ):

وهي من أكثر المواد التي دُرست كما أنها هامة تجارياً ومعقدة بنيوياً، وتشمل الزيركونيا المقواة بالمغنزيوم Mg-PSZ والكالسيوم Ca-PSZ واليتريوم Y-PSZ.

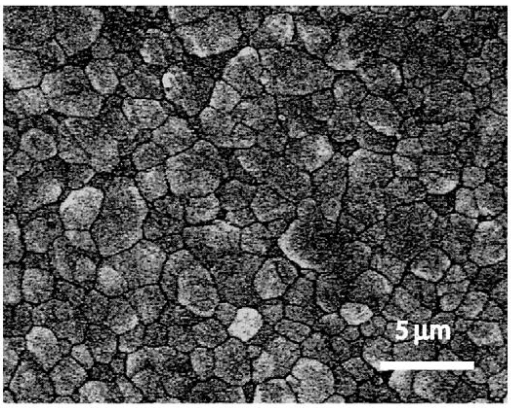
يتطلّب استقرار هذه المواد إضافة أكاسيد مقوية كالتي سبق ذكرها وتكون أيضاً عبارة عن طورين (رباعي الأضلاع ومكعب) مع غلبةٍ للطور رباعي الأضلاع وتكون هنا الجزيئات الرباعية متواجدةً ضمن قالبٍ من الجزيئات المكعبة المستقرة ومن أمثلتها التجارية خزف Denzir-M، ولايمكن تحقيق الاستقرار الكامل لهذه المواد لذلك سُمّيت بالزيركونيا المستقرة جزئياً (Ritzberger *et al.*, 2010).



شكل (1–4): صورة توضح البنية البلورية الزيركونيا المستقرة جزئياً

3. الزيركونيا رباعية الأضلاع متعددة البلورات (Tetragonal Zirconia Polycrystals (TZP:

من أمثلتها Ce–TZP و Y–TZP، تتألف هذه المادة من طور وحيد هو الطور الرباعي والذي تبلغ نسبته حوالي 98% وتتميز بحجم حبيبات فائق النعومة ويعد خزف الـ Cercon أحد أمثلتها التجارية، يستخدم هذا النمط بشكل شائع كمادة للقبعات الخزفية ويكون فيه الطور رباعي الأضلاع غير المستقر مرتبطاً مع 3 % جزيء من أوكسيد البيتريوم (3Y–TZP) مما يمنحه الاستقرار (Denry and Kelly, 2008).



شكل (1–5): صورة توضح البنية البلورية للزيركونيا رباعية الأضلاع متعددة البلورات

أظهرت العديد من الدراسات مقاومة انكسار ممتازة ومعطيات قساوة عالية لخزف TZP، وهذا يعود إلى اعتماد هذا الطور على خاصية متانة التحول التي تنتج من تحول الطور رباعي الأضلاع إلى الطور أحادي الميلان لجزيئات الزيركونيا تحت الضغط (Suttor, 2004).

يمتلك خزف 3Y–TZP أفضل الخواص الميكانيكية والتجميلية بين أنواع الأكاسيد الخزفية متعددة البلورات فهو قد يحقق شفافية تصل إلى 12–15% (Baldissara et al., 2010).

حقق خزف 3Y–TZP نجاحاً سريرياً طويل الأمد في المجال السني لكنه اختفى من حقل الجراحة العظمية التجبيرية بسبب أحداث الفشل الناتجة عن ظاهرة LTD (Ageing) في بعض المنتجات في ظلّ غياب أي تقريرٍ سريري عن مثل هذه الظاهرة في التطبيقات السنية وهو لايزال مستخدماً كمادة حيوية بسبب خواصه الميكانيكية والتجميلية الممتازة.

1–1–8 ارتصاص الزيركونيا:

يتطلب ارتصاص الزيركونيا بشكلٍ عام درجات حرارة فوق درجة الحرارة التي تحدث التحول M–T ولهذا تكون الزيركونيا رباعية الأضلاع في درجة حرارة الارتصاص والتحول يحدث خلال التبريد، هذا التحول يؤدي إلى زيادة كبيرة جداً في الحجم (حوالي5%) مما يؤدي بشكل حتمي إلى حدوث تصدعات في قوالب الزيركونيا النقية الكثيفة. من الممكن تجنُّب هذا التصدع الناجم عن التحول إما بالارتصاص تحت درجة حرارة 1170C° (حيث تبقى المادة أحادية الميلان خلال كامل دورة الارتصاص مما يؤدي إلى خزف غير قابل للتحول قليل القوة وقصف) أو بالاحتفاظ بالأطوار الرباعية والمكعبة مستقرة في درجة حرارة الغرفة وذلك بخلطها بذرات إيجابية متعددة التكافؤ تمنع التحول M–T خلال التبريد.

ومن الجدير بالذكر أنه من الممكن الاحتفاظ بمسحوق الزيركونيا النقية ذات الطور الرباعي في درجة حرارة الغرفة حتى حجم حبيبات بقياس حوالي 24 نانومتر (Pitcher et al., 2005).

في قوالب الزيركونيا المجرى لها ارتصاص يكون من المستحيل الاحتفاظ بهذا الحجم المنخفض من الحبيبات بالإضافة إلى الجهود الداخلية المتبقية والتي تجعل استقرار الطور الرباعي مستحيلاً بدون مساعدة أكاسيد الاستقرار (Pitcher et al., 2005).

يتكون 3Y−TZP الموضوع في درجة حرارة عالية (°C1500) من:

88% طور رباعي يحتوي على 2.4 % جزيء من أوكسيد اليتريوم Y_2O_3.

12% طور مكعب يحتوي على 7.5 % جزيء من أوكسيد اليتريوم.

يكون هذا النمط نفسه من الزيركونيا في درجة حرارة الغرفة مكوناً من طور أحادي الميلان لا يحتوي تقريباً على أي جزيء من أوكسيد اليتريوم وطور رباعي يحتوي على 18 جزيء% منه.

1−1−9 تأثير بعض العوامل على الزيركونيا:

1. تأثير حجم الحبيبات:

تتأثر الخواص الميكانيكية للزيركونيا بشكل كبير بحجم حبيباتها، إذ أن زيادة حجم الحبيبات عن µ1 يجعل الزيركونيا أقل استقراراً وأكثر عرضة للتحول M−T وهذا يزيد من مقاومة المادة للانكسار ولكنه يضعف من خواصها بسبب زيادة غنى سطح الزيركونيا بالطور أحادي الميلان الأمر الذي يؤدي إلى زيادة إمكانية حدوث ظاهرة التحلل LTD أو الشيخوخة Ageing. أما نقصان حجم الحبيبات لأقل من µ0,2 فهو ينقص متانة المادة بسبب غياب خاصية متانة التحول ويستخدم حالياً حجم حبيبات يتراوح بين µ0,8−0,3 للطب الحيوي (Aboushelib, 2010).

2. تأثير الرطوبة:

تُضعِف الرطوبة من الخصائص الميكانيكية للزيركونيا نتيجةً لحدوث ظاهرة الـ LTD، لذلك يُنصح بعدم ترك حواف قبعات الزيركونيا بتماسٍ مع اللثة وتغطية كامل القبعة الزيركونية بالخزف المغطي (Al-Amleh et al., 2010).

3. تأثير درجة الحرارة:

يؤدي تعرّض الزيركونيا لدرجات حرارةٍ عالية ولمدة طويلة إلى إضعاف خصائصها الميكانيكية نتيجة لكبر حجم حبيباتها، فكلما كانت الحرارة المستعملة في الارتصاص أقل كان حجم الحبيبات أصغر. لذلك فإن لعملية الارتصاص دورٌ كبيرٌ في استقرار بنية الزيركونيا والخواص النهائية للترميم (Zarone et al., 2011).

4. تأثير أجهزة التصنيع الـ (CAM):

تؤثر السنابل المستخدمة في نحت الزيركونيا على خواصها من حيث حدّتها وعدد حبيباتها العاملة وكلما كان القطع أسهل كان الضرر الحاصل للسطح أقل (Luthardt et al., 2004). كما أن طبيعة القوالب الزيركونية المستعملة تلعب دوراً جوهرياً فاستعمال قوالب غير كاملة الارتصاص يقلل من حدوث التصدعات على سطح الزيركونيا وهذا مايشاهد غالباً عند استعمال القوالب كاملة الارتصاص (Thompson and Rekow, 2004).

5. تأثير عملية سحل الزيركونيا بعد التصنيع:

يؤدي سحل الزيركونيا خلال الإجراءات المخبرية أو السريرية إلى إيجاد سطحٍ متبقٍ غني بالتحولات يكثر فيه حدوث الشقوق والتصدعات المجهرية ويكون هذا السطح منطقة ضعف يبدأ فيها حدوث الكسر لذلك توصي أغلب الشركات المصنعة بعدم سحل الزيركونيا أو ترميلها (Denry and Kelly, 2008).

نقاط ضعف ترميمات الزيركونيا:

يُعدّ السطح البيني (قبعة–خزف مغطي) واحداً من أضعف جوانب الترميمات الزيركونية، حيث يتصدع الخزف المغطي ومن ثم ينكسر (Aboushelib et al., 2007). وهناك عوامل عديدة قد تؤدي إلى مثل ذلك:

- الفروقات في معاملات التمدد الحراري بين الخزف المغطي والقبعة.
- التقلص الناجم عن خبز الخزف المغطي.
- عيوب عملية التغطية.

1–2 تقنيات تصميم وتصنيع نواة الزيركونيا:

يتم ذلك بطريقتين:

1. طريقة التصنيع اليدوي أو مايطلق عليه اسم (MAD/MAM):

Manual-Aided Design/Manual-Aided Manufacturing

إذ يقوم فني الأسنان بصناعة القبعة يدوياً من الشمع أو الراتنج على المثال الجبسي للسن المحضر وذلك بطريقة التشميع التقليدي، وبعد تجربتها في العيادة يقوم التقني بنسخها بواسطة الجهاز الناسخ، ثم يتم تصنيع القبعة من قالب زيركونيا غير ملبد وبالتالي يتم الحصول على قبعة زيركونية مطابقة للقبعة الشمعية ولكنها أكبر بنسبة 20–25% لتعويض التقلص الذي سيحصل خلال عملية الارتصاص (Kurbad, 2001).

2. طريقة التصميم والتصنيع بواسطة الحاسب الآلي (CAD/CAM):

Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing

1-2-1 نظام الـ CAD/CAM:

تعريفه: هذا المصطلح هو اختصار لجملة **Computer-Aided Design/ Computer-Aided Manufacturing** أي التصميم والتصنيع بواسطة الحاسب الآلي.

تعتمد تقنية الـ CAD/CAM على التنبؤ الدقيق بالأبعاد لمعاوضة التقلص الناتج عن الارتصاص. وهي طريقة اقتصادية وقابلة للتكرار وتستخدم لصناعة نماذج فريدة ومعقدة (Tinschert et al., 2004). ويتم نحت أشكال هندسية ذات قياس أكبر بحوالي 20% من الحجم المطلوب الحصول عليه.

1-2-2 مراحل تطور أنظمة الـ CAD/CAM:

أصبحت أنظمة الـ CAD/CAM شائعةً بشكل متزايد خلال الـ 25 سنةً الماضية (Duret et al., 1988). يمكن استخدام هذه التقنية في المخبر أو في العيادة السنية ويمكن استعمالها في صناعة حشوات الـ inlay والـ onlay والوجوه الخزفية والأجهزة الجزئية الثابتة والتيجان وفي صناعة دعامات الزرعات السنية وحالات إعادة تأهيل الفم. كما بدأ استخدام هذه التقنية في مجال التقويم وكمثال على ذلك أجهزة (Invisalign) (Davidowitz and Kotick, 2011).

كان الطبيب الفرنسي Duret أول من طور جهاز ال CAD/CAM السني الذي يقوم بصناعة التيجان بالاعتماد على طبعة بصرية للدعامة المحضرة (Duret and Preston, 1991). حيث قدم أول ترميم مصنّع بواسطة هذه التقنية عام 1983 (Priest, 2005). ثم طور فيما بعد نظام Sopha system.

أما الطبيب السويسري Mormann فكان مطوِّر أول نظام CAD/CAM تجاري. وذلك بالتعاون مع مهندس كهربائي يدعى Brandestini والذي قدم فكرة استخدام علم البصريات لنسخ الأسنان. وفي عام 1985 أنجز

هذا الفريق أول حشوة inlay في العيادة باستخدام الماسح البصري وآلة النحت وقد أُطلِق على هذا النظام اسم CEREC كاختصار للأحرف الأولى من جملة

(Computer- assisted ceramic reconstruction) (Mormann, 2006).

أما الطبيب الأمريكي Rekow فقد استعمل تقنية الـ CAD/CAM في منتصف الثمانينات حيث تم تصميم نظام يتلقى البيانات باستخدام الصور الضوئية والأجهزة الماسحة الدقيقة ثم يتم نحت الترميم باستخدام آلة نحت ذات 5 محاور) (Rekow, 1987).

طور الطبيب السويدي Andersson نظام الـ Procera لتصنيع تيجان ذات دقة عالية عام 1983 (History of Nobel Biocare, 2010). وقد كان أول من استعمل تقنية CAD/CAD لصناعة الوجوه التجميلية المصنوعة من الكومبوزيت (Andersson et al., 1996).

نظرة عامة على نظام الـ CAD/CAM:

تشتمل أنظمة الـ CAD/CAM المستخدمة في العيادة على جهاز ماسح (ناسخ) محمول باليد بالإضافة إلى عربة تشتمل على الكومبيوتر وآلة النحت.

يتم إدخال رأس الماسح إلى داخل الفم فوق السن المحضر. وتظهر النتائج على شاشة الكومبيوتر كصور ثنائية أو ثلاثية الأبعاد، ثم يتم تصميم الترميم النهائي وترسل التعليمات إلى آلة النحت للبدء بصنع التاج.

تتم صناعة الترميمات من قوالب من الخزف مسبقة الصنع، يمكن أن تكون هذه القوالب من الخزف الفلدسباري أو الخزف المقوى بالليوسايت أو ثنائي سيليكات الليثيوم أو من الكومبوزيت أو من الزيركونيا.

عند عدم توافر جهاز الـ CAD/CAM في العيادة يتم أخذ الطبعة للسن المحضر بالطريقة التقليدية ثم يتم صب مثال جبسي رئيسي تتم عليه إجراءات المسح. يمكن أن يتأثر المسح بالعديد من العوامل التي يجب أن تتم السيطرة عليها من قبل الطبيب والمخبري لتحسين الانطباق الحفافي للترميم. يجب ألا يحتوي السن المحضر على مناطق مثبِّتة أو غؤورات ليسمح بنسخٍ صحيحٍ وكامل لمعالم السن المحضر كما يجب إجراء طبعة دقيقة وتحضير مثال جبسي رئيسي دقيق(McLaren and Terry, 2002).

1-2-3 مكونات نظام الـ CAD/CAM:

يتألف هذا النظام من 3 مكونات وهي الجهاز الماسح Digitizing وجهاز التصميم CAD وجهاز التصنيع CAM.

الجهاز الماسح الرقمي Digitizing:

يعتمد عمل جهاز الـ CAD/CAM على قياس سطح السن المحضر في الفم أو على المثال الجبسي باستخدام مجموعة من أدوات القياس وذلك بهدف الحصول على بيانات رقمية للسن المراد ترميمه، تدعى هذه الأدوات بالمرقمات Digitizers أو الماسحات Scanners ولها 4 نماذج (Liu, 2005):

1- المسبر التماسي Contact Probe: تتم عملية النسخ هنا من خلال الاحتكاك بين المسبر والدعامة المحضرة على المثال الجبسي وهي نسبياً تستهلك وقتاً أكثر من الطرق الأخرى.

2- الكاميرات البصرية: نظام CEREC.

3- مقياس الانزياح الليزري: نظام Lava.

4- مقياس الليزر الخطي مع كاميرا CDD: نظام Kavo وهنا يتم التصوير بشكل زاوي حيث تُجرى القياسات عندما يتم تدوير النموذج.

جهاز التصميم الـ CAD:

عبارة عن حاسبٍ مزوّد ببرنامج تصميم ثلاثي الأبعاد يمكن استخدامه لتصميم القبعة أو التاج كاملاً وذلك حسب النظام المستخدم، تدعى هذه العملية بالتشميع الافتراضي (Virtual Waxing)، وهي مرادفة لعملية التشميع المتبعة في الطرق التقليدية(CHANG et al., 2003) .

تتبع جميع أجهزة التصميم مراحل محددة من أجل تصميم التعويض وهي (Miyazaki et al., 2009):

- تحديد حواف السن المحضر.

- تحديد محور إدخال التعويض وهنا يجب التأكد من عدم وجود أية مناطق مثبتة في التحضير وفي حال وجودها يعطي البرنامج إشارة إلى مواقعها، وفي حال كان التعويض جسراً يجب التأكد من توحيد خطوط إدخال الدعامات.

- تحديد الثخانة الافتراضية للإسمنت اللاصق.

- تصميم التعويض.

جهاز التصنيع الـ CAM:

يقوم بنحت قوالب المادة المراد التعويض بها وصنع التعويض اعتماداً على التصميم الذي تم إنجازه بواسطة الـ CAD باستخدام سنابل خاصة، ويتعلق زمن النحت بنوع القوالب المستخدمة فيما إذا كانت نصف أو كاملة

الارتصاص وهذا بدوره له تأثيرٌ على حجم التعويض الناتج (Helvey, 2008). بعد النحت تأتي مرحلة الارتصاص وأفضل درجة حرارة لارتصاص الزيركونيا هي 1100°C(Hämmerle et al., 2008).

1-2-4 ميزات استخدام تقنية الـ CAD/CAM:

إن استخدام تقنية الـ CAD/CAM لصناعة التعويضات له الكثير من المزايا بالمقارنة مع الطرق التقليدية، تتضمن هذه المزايا السرعة وسهولة الاستخدام والجودة فاستخدام الماسحات الرقمية أسهل وأسرع من أخذ الطبعات التقليدية كما أن تجاوز مراحل التشميع والكسي والصب والخبز يؤدي إلى توفير كبير في الوقت (Davidowitz and Kotick, 2011).

ففي الإصدار الأخير من نظام CEREC يستغرق أخذ طبعة الكترونية لنصف القوس السنية حوالي 40 ثانية ولقوس كاملة حوالي دقيقتين (The CEREC Acquisition Center Powered by Bluecam, 2008) بينما تستغرق عملية النحت حوالي 6 دقائق (CEREC AC, 2011). وهذا يقدم للمريض إمكانية الحصول على التعويض النهائي بنفس الجلسة دون الحاجة إلى موعد آخر مما يلغي الحاجة لصنع ترميم مؤقت.

تعد الترميمات التي يتم إنجازها عالية الجودة لأن القياسات والتصنيع تتم بخطوات بالغة الدقة. كما أن الطبعات التقليدية تعاني دائماً من مشكلات مثل الفقاعات أو تمزق المادة الطابعة (Christensen, 2005). وباعتبار أن القوالب الخزفية مسبقة الصنع وتأتي خالية من العيوب الداخلية فإن الجودة تكون مضمونة. تتوافر حالياً قوالب خزفية ذات شفافية ممتازة تحاكي الميناء وبدرجات ألوان مختلفة وهذا يساعد في الحصول على ترميم ذي مظهرٍ طبيعي.

يمكن تلخيص ميزات استخدام تقنية الـ CAD/CAM بالتالي:

1. استخدام مواد خزفية قوية وجديدة مثل الزيركونيا (Griggs, 2007).

2. تقليل الجهد المبذول.

3. توفير الوقت: فالعمل المخبري التقليدي يستهلك وقتاً طويلاً.

4. القدرة على تقليص الأخطاء التقنية والتحكم بالنوعية: إذ أن بناء الخزف بالطريقة التقليدية يحتاج إلى مهارة ودقة عاليتين بينما تقنية الـ CAD/CAM لاتتدخل فيها اليد البشرية وبالتالي هناك إمكانية لضبط الجودة وإنقاص الأخطاء إلى الحد الأدنى (Miyazaki et al., 2009, Liu, 2005).

5. تقليل خطر حدوث كسور التيجان فالتعويضات المصنعة باستخدام هذه التقنية لاتحتوي في سطوحها الداخلية على مسامات وتشوهات على عكس التعويضات المصنعة يدوياً.

6. يمكن تخزين البيانات والطبعات الرقمية على الحاسوب، في حين قد تتعرض الأمثلة الجبسية للضياع أو الكسر وهي بحاجة إلى مساحة لتخزينها هذا يؤمن إمكانيةً لحفظ أرشيفٍ خاص بكل مريض للرجوع إليه عند الحاجة (Birnbaum et al., 2009).

7. الحصول على تعويضات دقيقة ومنضبطة وتجاوز الحاجة إلى إجراء تعديلات على التعويض النهائي فسحل الزيركونيا قد يسبِّب ضرراً لسطح التعويض (Luthardt et al., 2004).

1-2-5 مساوئ تقنية الـ CAD/CAM:

1. تعدّ تكلفة المعدات والبرنامج مرتفعة ويحتاج الممارس إلى بذل الوقت والمال من أجل التدريب على استخدامه.

2. كما هو الحال في الطبعات التقليدية، يحتاج الطبيب عند أخذ الطبعة البصرية إلى تسجيل دقيق للسن المراد ترميمه وهذا يتطلب خط إنهاء واضح ودقيق بالإضافة إلى تسجيل دقيق للبنى المجاورة والسن المقابلة. كما يحتاج النسخ الرقمي تدبيراً مماثلاً للنسج الرخوة كتبعيد اللثة والسيطرة على الرطوبة وإيقاف النزف.
3. لا توفر الطبعات الرقمية الوقت بالضرورة فهي قد تحتاج إلى مراحل متعددة.

1-2-6 استعراض لأنظمة الـ CAD/CAM المعروفة:

جدول(1-1): بعض أنظمة الـCAD/CAM وتاريخ إصداها و آلية عملها(Liu, 2005)

النظام	سنة الإصدار	مركز العمليات	آلية المسح	برنامج التصميم	عملية التصنيع
Cerec 3	2000	العيادة	ضوئي	نعم،تصميم وقاعدة بيانات	أوتوماتيكي بالكامل
Cerec inLab	2001	مخبر سني	ليزري	نعم،تصميم وقاعدة بيانات	أوتوماتيكي بالكامل
DCS precident	1989	مخبر سني	ضوئي	نعم،تصميم وقاعدة بيانات	أوتوماتيكي بالكامل
Procera	1993	السويد	يدوي	نعم،تصميم وقاعدة بيانات	أوتوماتيكي بالكامل
Lava	2002	مخبر سني	ضوئي	نعم،تصميم وقاعدة بيانات	أوتوماتيكي بالكامل
Everest	2002	مخبر سني	ضوئي	نعم،تصميم وقاعدة بيانات	أوتوماتيكي بالكامل
Cercon	2001	مخبر سني	ليزري	لا	أوتوماتيكي بالكامل
Amanngirrbach	2006	مخبر سني	ليزري	نعم،تصميم وقاعدة بيانات	أوتوماتيكي بالكامل

1-2-7 مواد الترميم في (CAD/CAM):

جدول (1-2): جدول يوضح المواد المستخدمة في أنظمة الـ CAD/CAM (Liu, 2005)

مادة الترميم	نظام CAD/CAM	الاستطبابات	اسمنت راتنجي	إلصاق اعتيادي	مقاومة الثني
Dicor MCG	Cerec	Inlay,onlay وجوه خزفية	نعم-ثنائية التصلب	لا	<100 MPa
Vita Mark II	Cerec	Inlay,onlay وجوه خزفية، تيجان أمامية	نعم-ثنائية التصلب	لا	150 MPa
بروكاد لوسيت مقوى	Cerec	Inlay,onlay وجوه خزفية،تيجان أمامية	نعم-ثنائية التصلب	لا	150 MPa
In-Ceram Spinell أوكسيد المغنزيوم	Cerec 3D Cerec inlab	تيجان أمامية	نعم-كيميائي	نعم	350 MPa
In-Ceram Alumina أوكسيد الألمنيوم	Cerec 3D,Cerec inlab,DCS Precident	تيجان وجسور أمامية	نعم- كيميائي	نعم	500 MPa
ألومينا أوكسيد الألمنيوم	Procera	تيجان و جسور	نعم-كيميائي	نعم	600 MPa
In-Ceram zirconia أوكسيد الزيركونيوم	Cerec 3D Cerec inlab DCS Precident	تيجان وجسور	نعم-كيميائي	نعم	750 MPa
الزيركونيا جزئية الارتصاص أوكسيد الزيركونيوم	DCS Precident Lava Procera Everest Cercon	تيجان وجسور	نعم-كيميائي	نعم	>1000 MPa
الزيركونيا كاملة الارتصاص أوكسيد الزيركونيوم	DCS Precident, Everest	تيجان وجسور	نعم- كيميائي	نعم	>1000 MPa

إن المواد الخزفية المألوفة التي استخدمت في بداية عمليات الترميم السني بالـ (CAD/CAM) مثل: Dicor أو Vita Mark II، على الرغم من أنها أحادية اللون فإنها توفر جمالية، و تقبلاً حيوياً ممتازاً، واستقراراً لونياً رائعاً (McLean, 1972).

وقد تم استخدامها بشكل ناجح في الحشوات داخل التاجية والمغطية والوجوه الخزفية والتيجان (Posselt and Kerschbaum, 2003, Sjogren et al., 2004, Bindl and Mormann, 2004)

على الرغم من ذلك فإن Dicor و Vita Mark II ليستا قويتين بما يكفي لتحمل الإطباق عندما يستخدمان في التيجان الخلفية ولهذا السبب فإن مواد الألومينا أصبحت مستخدمة بشكل واسع على أنها مواد ترميم سنية.

وإن هذه المواد الخزفية قد لا تكون فعالة دون مساعدة تقنية الـ CAD/CAM. فمثلاً In-Ceram التي طورها في البداية Sadoun و Degrang، أظهرت أن لها قوةً جيدةً وأداءً سريرياً جيداً (Probster, 1996, Scotti et al., 1995)، ولكن تحتاج صناعة In-Ceram بالطريقة المعتادة إلى 14 ساعة، بينما Cerec inLab تقلل زمن التصنيع بنسبة 90% (Hickel et al., 1997).

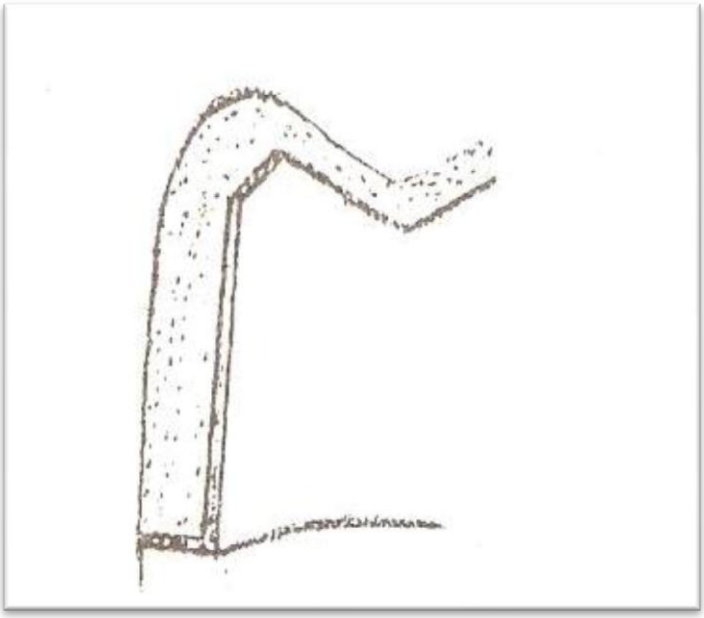
كما يمكن تطبيق أنظمة الـCAD/CAM على الترميمات الخزفية المعدنية، فمثلاً نظام DCS يستطيع صناعة قلنسوات من خليط التيتانيوم بدقة ممتازة (Besimo et al., 1997).

وثّقت العديد من الدراسات توسع تقنية الـ CAD/CAM إلى صناعة تعويضات فكية وجهية مثل الأذن الصناعية (Yeo et al., 2003, Carpentieri, 2004).

1-3 الانطباق الحفافي Marginal fit:

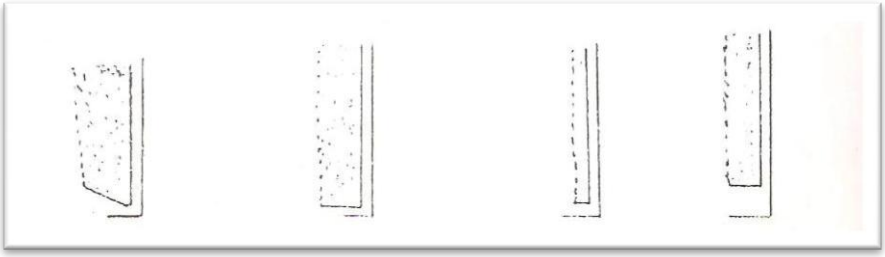
يعد الانطباق الحفافي من أهم عوامل نجاح أي تعويضٍ ثابت، إذ أن سوء الانطباق الحفافي يسمح بتراكمٍ متزايدٍ للويحة الجرثومية عند الحواف، مما يؤدي إلى نخورٍ، والتهاباتٍ لثويةٍ؛ ومن ثمَّ انحسارٍ لثويٍ وأمراض نسج داعمة (Bader et al., 1991, Grasso et al., 1985). كما أن النقص في امتداد الحواف يمكن أن يسبب نخوراً عند حواف التيجان (Felton et al., 1991).اعتبر Hung أن الانطباق الحفافي هو أهم معيارٍ يمكن أن يتخذه أطباء الأسنان لقبول ترميم الأسنان سريرياً (Hung et al., 1990).

وقد عبر (الشعراني،2012) عن الانطباق الحفافي **بالارتاج** وعرفه بالمسافة التي تفصل السطح الداخلي للتاج عن السطح الخارجي للتحضير شريطة تأمين الاستمرارية بين الجزء أو السطح غير المحضر من السن والتاج أو الترميم شكل (1-6).



شكل (1-6): شكل ترسيمي للشكل الصحيح لمنطقة اتصال التاج مع السن (الشعراني،1994)

بيّن Groten صعوبة وصف فراغٍ معيّن بتعريفٍ وحيدٍ نتيجة الاختلافات الشكليّة (morphologic differences)، وتدوُّر الحواف أو عدمه، أو وجود بعض العيوب (defects)، وهذا هو أحد الأسباب الجوهرية للتنوّع الكبير في نتائج الباحثين (Groten et al., 1997).



شكل (1-7): الأشكال الخطأ لمنطقة اتصال التاج مع السن عند الحدود العنقية (الشعراني،1994)

كما وضّح Groten أهمية تحديد عدد النقاط التي سيتم قياسها عند حواف التاج لتحديد مقدار الفرجة الحفافية بين التاج والسن، واقترح اتخاذ 50 نقطة قياسٍ على كامل محيط السن، للحصول على معلوماتٍ ذات فائدةٍ سريريةٍ عند قياس الفرجة الحفافية (Groten et al., 2000).

1-3-1 العوامل المؤثرة في تقييم الانطباق الحفافي:

يعتمد تقييم الانطباق الحفافي للتيجان بشكلٍ عامٍ على عدّة عوامل (Beschnidt and Strub, 1999):

1. مكان ومدّة حفظ العيّنة في حال تثبيتها بالإسمنت.
2. نوع الدعامات التي سيجرى عليها القياس.
3. نوع المجهر المستخدم ودرجة التكبير.
4. موقع وعدد نقاط القياس لكل تاج.

تراوحت البيانات المنشورة حول مقدار الفرجة الحفافية المقبولة سريرياً ما بين 30-200 ميكرون (Dedmon, 1982, Boeckler et al., 2005).

1-3-2 طرائق قياس الانطباق الحفافي method used to measure marginal fit:

1- طريقة الرؤية المباشرة Direct view:

وهي طريقةٌ سهلةٌ ومناسبةٌ، لا تُخرَّب فيها العينة، وتعتمد على قياس الفرجة الحفافية عند نقاط محدّدة مسبقاً باستخدام المجهر الضوئي (light microscope)، أو المجهر المجسِّم (stereomicroscope)، أو المجهر الالكتروني الماسح (microscope scanning electron).

لم يجد Groten فرقاً جوهرياً بين النتائج التي حصل عليها باستخدام المجهر الضوئي والمجهر الكتروني الماسح SEM (Groten et al., 1997).

كما استخدمت في عدة دراسات لتقييم الانطباق الحفافي لأنظمة مختلفة من التيجان

(Quintas et al., 2004, Yeo et al., 2003, Morris, 1992, Hung et al., 1990).

واستخدمها (Ehrenberg et al., 2006)، و(Nejatidanesh et al., 2006) لفحص الانطباق الحفافي للتيجان المؤقّتة.

2-طريقة المقاطع الطوليّة Cross sections:

في هذه الطريقة تُثبَّت التيجان على التوءم أو السن الطبيعي المقلوع، ثم تُغمَس في الراتنج (الإكريل أو الإيبوكسي)، وبعدها تُقَص للحصول على مقاطع طوليّة، يمكن من خلالها دراسة الانطباق الحفافي أو الانطباق الداخلي للتاج.

استُخدمت هذه الطريقة لدراسة الانطباق الحفافي للتيجان الملصقة بالإسمنت

(Oruc and Tulunoglu, 2000, Holmes et al., 1996, Boyle et al., 1993)، ولدراسة تأثير خطوط الإنهاء المختلفة في الانطباق الحفافي (Jalalian et al., 2008, Suarez et al., 2003, Gavelis et al., 1981).

جدول (1-3)يبيّن مقارنةً بين محاسن ومساوئ كلٍّ طريقةٍ من الطريقتين السابقتين (Sorensen, 1990)

جدول (1-3): محاسن ومساوئ طريقتي الرؤية المباشرة والمقاطع الطوليّة

الطريقة	المحاسن	المساوئ
الرؤية المباشرة	1. سهلة وسريعة التنفيذ. 2. لا تحتاج لخطوات إضافية. 3. تسمح بإجراء القياسات بعد كل مرحلة من مراحل صناعة التاج. 4. إجراء عدد أكبر من القياسات على التاج الواحد.	1. صعوبة تحديد وتكرار نقطة القياس عندما تكون الحافّة مدوّرة. 2. أقل دقّة ولذلك لصعوبة إعادة كل التيجان بالوضعية نفسها على التوءم الرئيسي master die. 3. صعوبة تحديد الامتداد الزائد للحافّة. 4. احتمال أذيّة أو اهتراء حواف التوءم الرئيسي نتيجة الاستعمال المتكرّر.
المقاطع الطوليّة	1. إمكانية تحديد وتكرار نقاط القياس بدقّة أكبر حتّى عند تدوّر الحافّة. 2. إمكانية تحديد الامتداد الزائد للحافّة.	1. تستهلك وقت عمل إضافي. 2. العيّنة تُخَرَّب بسبب القص؛ لهذا لا يمكن قياس الانطباق الحفافي إلا في أماكن محددة. 3. الحواف معرّضة للتشوّه أثناء القص. 4. عدد القياسات محدود ضمن أماكن محدودة للتاج الواحد.

3- تقنية النسخة المطابقة للاسمنت cement replica technique:

يتم حقن المطاط السيليكوني الرخو على السطح الداخلي الترميم، ويعاد التعويض إلى التوءم المطابق له. وبعد تصلب المطاط السيلكوني الرخو، يزال التعويض مع المطاط من التوءم، وتثبت الطبقة الرقيقة من المطاط السيليكوني الرخو بحقن مطاط سيليكوني رخو آخر وبلون مغاير، يتم بعدها إزالة كتلة المطاط من التعويض ومن الممكن غمرها بالراتنج، وتُقص بعدها للحصول على مقاطع طولية، يمكن من خلالها دراسة الانطباق الحفافي أو الداخلي باستخدام المجهر الضوئي أو الالكتروني (Coli and Karlsson, 2004, Iwai et al., 2008).

4- استخدام المسبر والفحص بالنظر Visual examination:

يعتمد تقييم طبيب الأسنان للانطباق الحفافي سريرياً عادة على فحص الحواف بالنظر وباستخدام المسبر؛ حيث يمرّر مسبر حاد بين حافة التاج وحافّة السن لتحرّي وجود فراغ حفافي (منطقة عدم اتّصال)، وتعتمد هذه الطريقة بشكل كبير على حدّة رأس المسبر ومهارة الطبيب (Assif et al., 1985, Morris, 1992). لا يمكن للمسبر السنّي تحديد الفرجة الحفافية بشكلٍ دقيقٍ عندما تكون أقلّ من 95 ميكرون (Dedmon, 1982)، كما أنّ الاستخدام المتكرّر للمسبر يقلّل من حدّة رأسه؛ مما يؤثّر سلباً على دقّة نتائج هذا النوع من الاختبارات (Morris, 1992).

5- التصوير الشعاعي:

يُلاحَظ بواسطته سوء الانطباق الحفافي في المناطق الملاصقة فقط (Assif et al., 1985, Gustavsen and Silness, 1985, Weyns and De Boever, 1984).

تعتبر هذه الطريقة غير دقيقة ويصعب فيها تحري الفرجة الحفافية إذا كانت أقل من 80 ميكرون.

6- جهاز Profilometer:

استخدم بعض الباحثين جهاز Profilometer لقياس الانطباق الحفافي (Mitchell et al., 2001, Limkangwalmongkol et al., 2007)، حيث يُستخدم رأس إبرة دقيق يتحرّك باتجاه عمودي للأعلى والأسفل ليرسم الفراغ، ويُسَجَّل هذا التخطيط ليعطي فكرة عن مقدار الفرجة الحفافية، بينما اعتمد آخرون على جهاز إسقاط الصورة الجانبية (profile projector) لدراسة الانطباق الحفافي (Balkaya et al., 2005, Quintas et al., 2004).

1-3-3 القياس المقبول سريرياً للفرجة الحفافية:

تراوحت القياسات حول مقدار الفرجة الحفافية المقبولة سريرياً بين 30-200 ميكرون حسب العديد من الدراسات ولكن بدون أدلة علمية (Boeckler et al., 2005, Dedmon, 1982).

يرى Leinfelder أن التباين الحفافي الذي يزيد عن 100 ميكرون يؤدي إلى ضياعٍ كبيرٍ في عامل الإلصاق (Leinfelder et al., 1989).

أما O'Neal فيذكر أن الأذية في عامل الإلصاق تحدث نتيجة تماس جزيئات الطعام مع إسمنت التثبيت عندما يكون مقدار الفرجة الحفافية أكبر من 100 ميكرون (O'Neal et al., 1993).

يتفق Hunter و Sorensen على أن الفرجة الحفافية يجب أن لا تزيد عن 50 إلى 100 ميكرون (Hunter and Hunter, 1990, Sorensen et al., 1992).

كما اقترح Mclean أن الفجوة الحفافية للتعويضات الملصقة يجب أن تتراوح بين (25-40) ميكرون، ولكن تأمين فجوةٍ حفافيةٍ بهذا المقدار نادراً ما يتم تحقيقه سريرياً. توصل McLean بعد دراسةٍ سريريةٍ لأكثر من

1000 تاج خلال خمس سنوات إلى أن الفرجة الحفافية التي لا تزيد عن 120 ميكرون مقبولةٌ سريرياً (McLean, 1972, McLean and von Fraunhofer, 1971).

تظهر بيانات الدراسات الحالية أنّ معظم أنظمة الـ CAD/CAM السنية قادرةٌ على إنتاج ترميمٍ بانطباقٍ حفافيٍ مقبولٍ أقلّ من 100 ميكرون (Ariko, 2003).

4-1 الخزف المغطي The veneering ceramic:

يؤمن الزيركونيا قوة ميكانيكية مناسبة لاستخدامها كهيكل للتعويضات الخزفية الكاملة. حيث يجب أن تغطى هذه التعويضات بخزفٍ مغطٍ مناسب للحصول على نتائج تجميلية جيدة ولكن أثبتت الدراسات السريرية بأن الخزف المغطي هو الأضعف في مثل هذه التعويضات

.(Yoshitaka S *et al.*, 2009; Fischer J *et al.*, 2008)

سجلت بعض الدراسات بأن عمر وطور الانتقال (التحول) في تعويضات الزيركونيا يتعرض للضرر إذا لم تغط بطبقات من الخزف المغطي (Bogna S *et al.*, 2011).

تعتبر تغطية الزيركونيا ضرورية من أجل تأمين الحماية وأداء الوظيفة وتوفير الناحية الجمالية ويتم ذلك باستخدام أخزاف زجاجية أضعف ذات أطوار بلورية. يتوافر لعملية التغطية طيف واسع من المنتجات التي تستخدم إما بطريقة الطبقات أو بطريقة الحقن البديلة أو بالجمع بين الطريقتين.

هناك العديد من العوامل التي تسبب الفشل في الخزف المغطي (التشظي وهو الفشل الأكثر تكراراً) منها قوة الارتباط غير المناسبة مع القلنسوة، قوى الشد الزائدة والعائدة لعدم توافق معامل التمدد الحراري بين الخزف المغطي والقلنسوة أو الحمل الزائد العائد لنقاط تماس مبكرة مثلاً (Fischer et al., 2008).

تتم معاوضة الجهود الزائدة في أنظمة خزف- معدن بخاصية التمدد الحراري للخلائط وخاصة في الخلائط عالية المحتوى من الذهب (Fischer J *et al.*, 2008). أما في أنظمة الخزف الكامل فإن هياكل الخزف تعتبر صلبة ولا تتمتع بهذه الخاصية، وبالتالي لا تستطيع امتصاص الطاقة المرنة لذلك يكون خطر تشكل الجهد الضار في طبقة الخزف المغطي في التعويضات الخزفية الكاملة أعلى. إذاً تعتبر مقاومة الخزف

المغطي مؤشر هام في النجاح السريري طويل الأمد لتعويضات الخزف الكامل (Moustafa N *et al.*, 2006).

1-4-1 تقنيات تطبيق الخزف المغطي:

أولاً- تقنية الطبقات Layering technique:

يغطى هيكل الزيركونيا باستخدام طريقة الطبقات التي تتطلب عملاً مخبرياً دقيقاً وخبرة من المخبري (Florin B *et al.*, 2009).

تعتمد هذه الطريقة على تطبيق بودرة الخزف الرطبة باستخدام فرشاة البناء ثم تزال الرطوبة الزائدة لتكثيف حبيبات البودرة (Antonson SA *et al.*, 2001). بشكل عام، تتطلب هذه الطريقة ثلاث دورات من الخبز: العاج، الميناء ثم مرحلة التلميع.

يلعب قوام مزيج الخزف المغطي سائل- بودرة دوراً كبيراً في عملية البناء حيث يجب على المخبري أن يأخذ بعين الاعتبار مستوى تقلص الخزف الحاصل وبالتالي يجب بناءه بحجم أكبر من الحجم النهائي.

يتسبب عامل المخبري (العمل اليدوي) في هذه الطريقة في احتمال حدوث عدم تجانس في كتلة الخزف والذي ينتج عنه بدء حدوث الكسر وبالتالي التسبب في انتشاره سريرياً. كما يمكن للتلوث الحادث في كتلة الخزف المتمثل في اللاتجانس الحاصل في كتلة المزيج أو المسام أن يسبب فشلاً كبيراً في البيئة الفموية، مثل حدوث التصدعات (Bogna S *et al.*, 2011; Jason A, 2007).

ميزة هذه التقنية هي إنتاج خزف ذو شفافية عالية قياساً بما ينتج في الطرق الأخرى، لذلك تستخدم هذه التقنية للمواد التي تستعمل كطبقة مغطية ذات جمالية عالية فوق القلنسوات والهياكل القوية كالزيركونيا.

تحصل قوى الشد في هذه العملية خلال مرحلة التبريد بعد الانتهاء من الإحماء بسبب التقلص الحاصل في طبقات الخزف. كما يتم ضبط معامل التمدد الحراري بحيث يؤمن انضغاط بسيط للخزف المغطي خلال مرحلة التبريد مما يزيد من قوة الخزف المغطي (Fischer J *et al.*, 2008).

ثانياً- تقنية الحقن press on technique:

تسمح هذه التقنية بإنتاج سريع وسهل بالمقارنة مع طريقة الطبقات، إضافة إلى ذلك يمكن أن نتخلص من مشكلة التقلص الناتج عن عملية الارتصاص Sintering.

على الرغم من أن الخزف المغطي المحقون يبدي تركيباً كيميائياً مشابهاً للخزف المستخدم في طريقة الطبقات، وبذلك يتم في هذه التقنية إلغاء العامل المخبري أو التقني. ويمكن الافتراض بأن الخزف المغطي المحقون مشابه أو أفضل من حيث تحمل قوى الكسر مقارنة مع طريقة الطبقات (Bogna S *et al.*, 2011).

يتشكل الخزف المغطي في هذه التقنية من تطبيق الشمع على الهيكل والذي يغطى بمادة إكساء خاصة. ثم تستخدم طريقة الشمع الضائع لخلق فراغ من أجل الخزف. تستخدم هذه الطريقة قوالب خزفية مسبقة الصنع من جزيئات بلورية موزعة في مادة زجاجية بتركيب مشابه لذلك في بودرة الطبقات. ويحقن بعد ذلك المكان الناتج عن تبخر الشمع بخزف زجاجي في فرن خاص بالحقن وفق شروط خاصة بالارتصاص حسب تعليمات المصنع.

يتم الحصول على التعويض النهائي المحقون بعد عملية التبريد ثم يتم ترميله باستخدام حبيبات الألومينا (Aboushelib MN *et al.*, 2005; Fischer J *et al.*, 2010).

يطبق خزف الحقن بدرجة حرارة أعلى 90 درجة مئوية للإحماء بالإضافة لوجود الضغط بالمقارنة مع خزف الطبقات، بالتالي يسمح ذلك بتحسين إحاطة الخزف المغطي للقلنسوة مما يحسن من الانطباق ما بينهما.

وأكثر من ذلك، يمكن لمعدل التبريد البطيء المسبب بعملية الإحماء أن يمنع اختلاف الحرارة الكبير بين القلنسوة والخزف المغطي وبالتالي تكون النتيجة بتشكل جهد أقل نتيجة الاختلاف في معامل التمدد الحراري بين الخزف المغطي والقلنسوة الزيركونية (Sundh A *et al.*, 2004).

على الرغم من أن عملية الحقن أقل حساسية كطريقة من طريقة التكثيف اليدوي للبودرة إلا أن التحضير المناسب لمادة الإكساء الملائمة وعملية الحرق وضغط الهواء تعتبر ذات أهمية للحصول على عملية حقن ناجحة.

يجب أن تكون سماكة الهياكل الأساسية للتعويضات دقيقة لمنع حدوث التصدع تحت الضغط الحاصل في فرن الحقن، كما أن تركيبها يجب أن يكون متناسقاً مع طبقة الخزف المغطي. وأكثر من ذلك فإن سماكة الطبقة المغطية يجب ألا تتجاوز سماكة قلنسوتها (Filser F *et al.*, 2003).

ثالثاً: تقنية (CAD/CAM framework, CAD/CAM veneering):

يتم في هذه التقنية تصميم القلنسوات والخزف المغطي آلياً بواسطة برمجيات نظام CAD/CAM. تم جمعها في بداية استخدامها مع طريقة الحقن حيث يتم نحت الخزف المغطي من مادة الراتنج بشكل آلي، ثم بعد ذلك يتم إكساؤها وإحماؤها وحقنها بخزف زجاجي.

طورت هذه التقنية فيما بعد ليتم نحت الخزف المغطي مباشرة من مادة خزفية زجاجية غنية بثنائي سيليكات الليثيوم. يتم فيما بعد ربط القلنسوة والخزف المغطي إما بخزف منخفض اللزوجة أو بواسطة إسمنت لاصق (Chaar M *et al.*, 2013).

1-5 الدراسات السابقة:

- أجرى Vojdani عام 2015 دراسة لتأثير عملية خبز الخزف ونوع خط الإنهاء في الإنطباق الحافي لقبعات الزيركونيا، تم فيها استخدام 20 قبعة زيركونية: 10 قبعات بخط إنهاء شبه كتف ، 10 قبعات بخط إنهاء كتف ، وتمَّ قياس الانطباق الحافي بالمجهر الإلكتروني في 18 نقطة قبل الخبز وبعده. بينت النتائج وجود فروق دالة في الانطباق الحافي كلا نوعي خط الإنهاء قبل الخبز وبعده ، وكانت نتائج الفجوة الحافية في مجموعة خط الإنهاء الكتف أصغر من مجموعة خط الإنهاء شبه الكتف، ولم توجد فروق دالة بين نوعي خط الإنهاء بعد عملية خبز الخزف (Vojdani et al., 2015).
- دُرس عام 2015 تأثير تقنية التغطية لقبعات الزيركونيا (تقنية الطبقات ، تقنية الحقن press، تقنية CAD/CAM) في الانطباق الحافي لقبعات الزيركونيا بعد الخبز وخلصت إلى أنه تحدث زيادة في الفجوة الحافية بالتقنيات الثلاثة وأكبر زيادة كانت في تقنية الطبقات (63.06 µm) (Torabi et al., 2015).
- أجرى (Vigolo P., Fonzi F.) عام **2008** دراسة مخبرية لتقييم الانطباق الحافي لجسور الزيركونيا المؤلفة من أربع وحدات والمصنعة بواسطة ثلاثة أنظمة من (CAD/CAM) قبل خبز الخزف وبعده وبعد التزجيج. تم صنع 45 جسر زيركوني (15 من كل نظام) وتم قياس الانطباق الحافي قبل الخبز (الزمن0) وبعده (الزمن1) وبعد التزجيج (الزمن2).

النتائج

نظام (CAD/CAM)	الزمن0	الزمن1	الزمن2
Everst	63.37	65.34	65.49
Procera	61.08	62.46	63.46
Lava	46.30	46.79	47.28

خلصت هذه الدراسة إلى أنه لا يوجد تأثير لعملية خبز الخزف والتزجيج في الانطباق الحفافي للجسور الزيركونية المصنعة بالأنظمة الثلاثة (Vigolo and Fonzi, 2008).

- وجد Att وزملاؤه عام 2009 في دراسة للانطباق الحفافي للجسور الزيركونية المؤلفة من ثلاث وحدات والمصنعة بواسطة ثلاثة أنظمة من (CAD/CAM) بأنه تحدث زيادة في الانفتاح الحفافي كنتيجة لخبز الخزف لكنها أصغرية (Att et al., 2009).
- في دراسة منهجية عام 2010 قام بها Abdou وزملاؤه خلصت إلى أنه هناك تأثير سلبي للخزف المغطي في الانطباق الحفافي لقبعات الزيركونيا (Abduo et al., 2010).
- في 2010 أجرى (Sala et al.) دراسة حول تأثير دورات خبز الخزف في الانطباق الحفافي للتيجان الخزفية المعدنية. حُضّر مثال معدني على شكل رحى علوية لاستقبال تيجان بخط إنهاء شبه كتف عميق وصُنعت له عشرة قبعات من الذهب. تم قياس الانطباق الحفافي باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (400×) في أربعة مواقع (منتصف الدهليزي، منتصف الحنكي، منتصف الأنسي ومنتصف الوحشي) قبل وبعد دورات الخبز. أظهرت النتائج لمجموعة بعد الخبز انفتاح حفافي بمقدار (21.45±2.27µm) أكبر من مجموعة قبل الخبز (18.23±1.96 µm).

- دراسة أجريت لتأثير خبز الخزف في الانطباق الحفافي لنوعين مختلفين من أنظمة الزيركون (CAD/CAM) lava & digident حيث صنعت 20 قبعة زيركونية وتم قياس الانطباق الحفافي قبل و بعد وضع الخزف المغطي بواسطة المجهر الضوئي في عدة نقاط عشوائياً:

نظام (CAD/CAM)	قبل الخبز	بعد الخبز
Digident	61.52±2.88	83.15±3.5162
Lava	62.22±1.78	82.03±1.85

دلت النتائج على وجود فروق جوهرية للانطباق الحفافي قبل وبعد خبز الخزف المغطي، وعدم وجود فروق جوهرية بين النظامين المستخدمين لصنع التيجان الخزفية الكاملة (Pak et al., 2010).

- عام 2010 أجري بحث ماجستير بعنوان تأثير طبقة الخزف المغطية لقبعة الزيركونيا في الانطباق الحفافي (AL-Hariri, 2010). تم من خلالها دراسة تأثير طبقة الخزف المغطية لقبعات لنظام cercon في الانطباق الحفافي لخطي الإنهاء: الكتف، وشبه الكتف.

صُنعت 30 قبعة لكل خط إنهاء، وتم تغطية هذه القبعات بالطبقة الخزفية المعتمدة للنظام. تم اختبار الانطباق الحفافي للعينات لكل خط إنهاء على حدة قبل وبعد إضافة الخزف عليها بواسطة المجهر المتحرك. وبإجراء ثلاثة آلاف وسبعمائة وعشرين قراءة تم تحليل النتائج إحصائياً، وقد أوضحت النتائج وجود فروق دالة إحصائياً بعد إضافة طبقة الخزف في كلا نوعي خط الإنهاء.

- في 2012 أجرى (Hmedat,2012) دراسة لمقارنة الانطباق الحفافي لثلاثة أنظمة خزف قبل وبعد الخبز وبعد التزجيج. استخدم فيها 30 مثال معدني بتحضير رحى أولى علوية يسرى لاستقبال تيجان خزفية وقسمت إلى ثلاث مجموعات عشوائياً:

المجموعة الأولى: استخدم فيها زيركونيا مصنع يدوياً.

المجموعة الثانية: استخدم فيها empress 2.

المجموعة الثالثة: استخدم فيها زيركونيا (CAD/CAM).

تم قياس الانفتاح الحفافي في أربعة مواقع باستخدام المجهر الضوئي بتكبير (100) قبل الخبز(الزمن0)، بعد الخبز(الزمن1)، بعد التزجيج (الزمن2)، ثم أجري اختبار (ANOVA) على النتائج

المجموعة	الزمن0	الزمن1	الزمن2
1	151.95	157.37	159.52
2	55.35	63.85	65.55
3	6.77	8.75	10.62

لم تؤثر عملية خبز الخزف في الانطباق الحفافي للمجموعتين 1 و 2، ولم يوجد لعملية خبز الخزف والتزجيج أثر في الانطباق الحفافي للمجموعة 3.

الباب الثاني

مواد وطرائق البحث

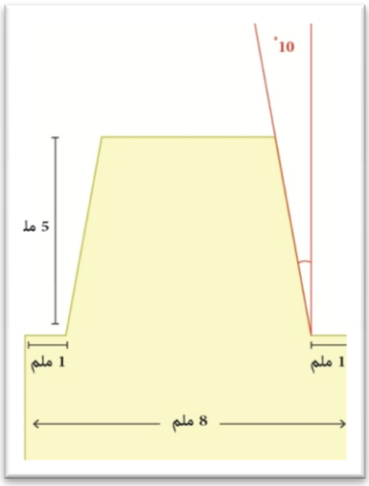
Materials & Methods

2-1 عيّنة البحث:

تحضير الأمثلة النحاسية

صنع 15 مثالاً معدنياً نحاسياً بواسطة مخرطة صناعية مزودة بمنقلة بحيث يحاكي شكل الأسنان المحضرة لاستقبال تيجان خزفية كاملة، وذلك لضبط زاوية التحضير بدقة وإلغاء كافة المتغيرات الأخرى التي من الممكن أن نجدها في حال استخدام أسنان طبيعية مثل أبعاد الدعامات وعرض الكتف، وكانت أبعاد الأمثلة كما يلي:

- قطر الأسطوانة المعدنية عند الحدود العنقية 8 ملم.
- ارتفاع الجزء المحضر(طول الدعامة) 5 ملم.
- خط الإنهاء كتف مدور الزاوية، عرض الكتف 1ملم.
- حُضرت الجدران بزواية التقاء 20°.



شكل (2-1): شكل ترسيمي للدعامات المعدنية يوضح أبعاد الدعامات و درجات ميلان الجدران المستخدمة

2-2 مواد البحث:

- 15 مثال معدني نحاسي.
- قوالب الزيركونيا للنحت الآلي (Ceramill zi 71 L,AMANNGIRBACH).

شكل (2-2): صورة لقوالب الزيركون المستخدمة.

- بخاخ Scan Marker من شركة AMANNGIRBACH تُستخدم لتحسين دقة المسح الليزري ويتم رشها على الدعامة قبل إجراء المسح.

شكل(2-3): صورة لبخاخ الـScan Marker من شركة Amanngirbach

- سنبلة ماسية كروية قطرها 1 ملم (Komet,GEBR,BRASSELER,Germany).

- اسمنت زجاجي شاردي للإلصاق (voco Meron).

شكل (2-4): صورة للاسمنت المستخدم في عمليات الإلصاق.

- خزف فلدسباري خاص للزيركونيا(GC Initial Zr-FS).

شكل(2-5): صورة توضح الخزف الفلدسباري المستخدم

- صفيحة vacumm (3A MEDES).

شكل (2-6): صورة توضح صفيحة vacumm

- إكريل ذاتيّ التصلّب:

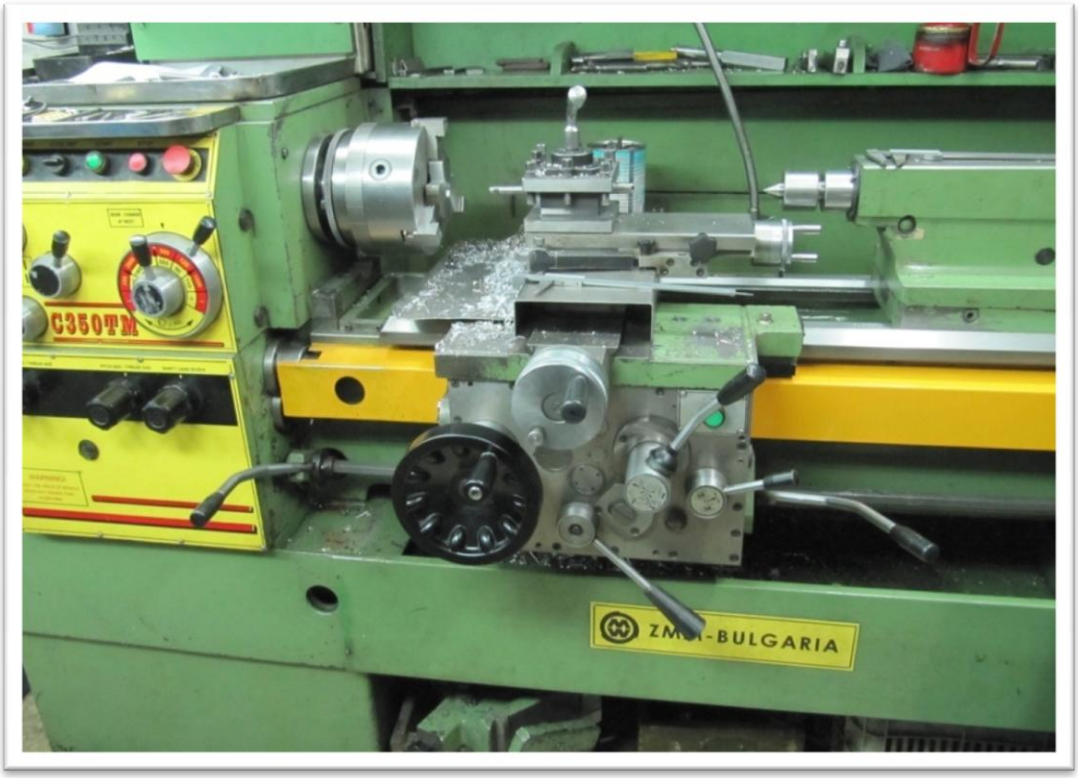
المسحوق (RESPAL, SPD, REF IRPF/ 016, lot 013i1702, Italy).

السّائل (RESPAL, SPD, REF IRPF/ 072, lot 023P1606, Italy).

شكل (2-7): صورة توضح أكريل ذاتي التصلب مسحوق + سائل

2-3 أدوات وأجهزة البحث:

- مخرطة صناعية مزودة بمنقلة لتحديد زاوية التحضير (C350TM,ZMM,Bulgaria).



شكل (2-8): صورة للمخرطة الصناعية التي استخدمت في تصنيع الدعامات المعدنية

- قبضة عالية السرعة NSK.
- جهاز مسح يعمل بالليزر لشركة AMANNGIRBACH.
- جهاز التصميم: جهاز كومبيوتر مع برنامج خاص بالتصميم ثلاثي الأبعاد مع برنامج نظام AMANNGIRBACH.
- جهاز النحت الآلي Ceramell-motion من شركة AMANNGIRBACH أوتوماتيكي بالكامل.

شكل (2-9): صورة لجهاز النحت الآلي Ceramill-motion

- فرن الارتصاص الخاص بشركة AMANNGIRBACH .

شكل (2-10): فرن الارتصاص من شركة Amanngirrbach.

- **فرن خبز الخزف** (Dentsply, multimat).

شكل (2-11): صورة توضح فرن خبز الخزف (Dentsply, multimat)

- جهاز vacumm.
- سباتول معدني.
- ورق مزج خاص للاسمنت الزجاجي الشادري.

- مجهر ضوئي مزود بمسطرة مجهرية بدقة 10 ميكرون موجود في كلية الهندسة الميكانيكية في جامعة دمشق (OLYMPUS OPTICAL CO. LTD, Japan).

شكل (2-12): المجهر الضوئي OLYMPUS BX41

- جهاز تطبيق قوى على العينات مع ثقل 5 كغ من تصميم أ.د.فندي الشعراني.

شكل (2-13): جهاز تطبيق قوى الضغط

- مقياس السماكة.

شكل (2-14): صورة توضح مقياس السماكة

2-4 طريقة العمل:

2-4-1 طريقة تحضير العينة:

تحضير الأمثلة النحاسية.

شكل (2-15): صورة الدعامات المعدنية بزاوية تحضير 20°

استخدمت سنبلة كروية لصنع حفرة (notch) بشكل ربع كرة في منطقة ما من الحافة الخارجية لخط الإنهاء وذلك لتأمين خط إدخال وحيد للقبعة و منع دوران القبعة على الدعامة.

شكل (2-16): صورة توضح الدعامة المعدنية قبل اجراء الحفرة المانعة للدوران

2-4-2 صنع القبعات الزيركونيّة:

صُنعت قبعات الزيركونيا وفق نظام Amanngirbach كما يلي:

- رشت الأمثلة النحاسية بمادة Scan Marker spray كي يستطيع الجهاز الماسح نقل البيانات من السن المحضر إلى الحاسوب.
- وضعت الأمثلة النحاسية في جهاز المسح الليزري (كل مثال على حدة).
- ضبط محور إدخال الدعامة بحيث يمكن الحصول على بياناتٍ توضح كامل تفاصيل السن المحضر، مع التأكد من عدم وجود مناطق مثبتة في التحضير، وذلك قبل تصميم القبعة وبهذا يتمّ الحصول على صورة ثلاثية الأبعاد عن النموذج المحضر على شاشة الحاسوب.
- حُدد خط الإنهاء ومنطقة الحواف بشكل دقيق من خلال برنامج التصميم المرافق وذلك برسمها على النموذج.
- حُددت الثَّخانة الافتراضية للإسمنت 30 ميكرون مع الابتعاد 1 ملم عن حواف التحضير.
- صُمِّمت القبعات بسماكة 0.5 ملم.
- وضع قالب الزيركونيا في مكانه المخصص ضمن جهاز النحت حيث يقوم برنامج التصميم بتحديد أماكن نحت القبعات عليه.
- تمت عملية النحت الآلي للقبعات (Milling) بواسطة جهاز (Ceramill-motion) وبواسطة الحركات الدورية للرؤوس الخاصة المستعملة في النحت.

- رقمت الأمثلة النحاسية من 1 - 15.

شكل (2-17): صورة توضح الدعامات المعدنية

2- 4-3 إلصاق القبعات الزيركونية على الدعامات المعدنية:

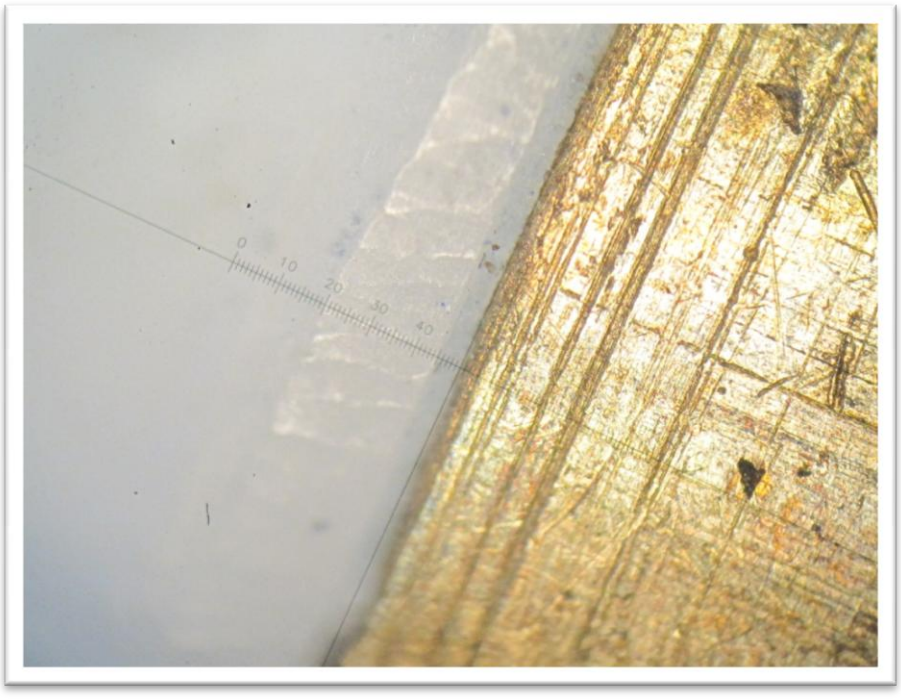
أُلصقت القبعات باستخدام الإسمنت الزجاجي الشاردي Meron من شركة Voco مع مراعاة تعليمات الشركة المصنعة:

- نسبة المسحوق للسائل 1:1.
- زمن المزج 30 ثانية، زمن العمل 3 دقائق، زمن التصلب 5-7 دقائق.
- أُجري المزج ومُلئ باطن القبعة بالإسمنت، ووضعت القبعة على الدعامة.

- استُخدِمت قوة عمودية مقدارها 5 كغ لمدة 15 دقيقة حتى حصول التصلب النهائي للإسمنت (Shillingburg *et al.*, 1997)، وأُزيلت الزوائد مع مراعاة عدم تماس العينات بالرطوبة خلال فترة تصلب الإسمنت.
- أُضيف إلى نقطة السائل عند المزج مقدار رأس المسبر من الحبر الأزرق لتأمين تباين واضح تحت المجهر بين الزيركونيا و الاسمنت.

2-4-4 قياس الإنطباق الحفافي قبل تطبيق الخزف المغطي:

تم قياس الانطباق الحفافي بمجهر ضوئي مزود بمسطرة مجهرية بدقة 10 ميكرون وبتكبير 100 مرة، وذلك في 50 نقطة عشوائية تتوزع على كامل حواف الدعامة.



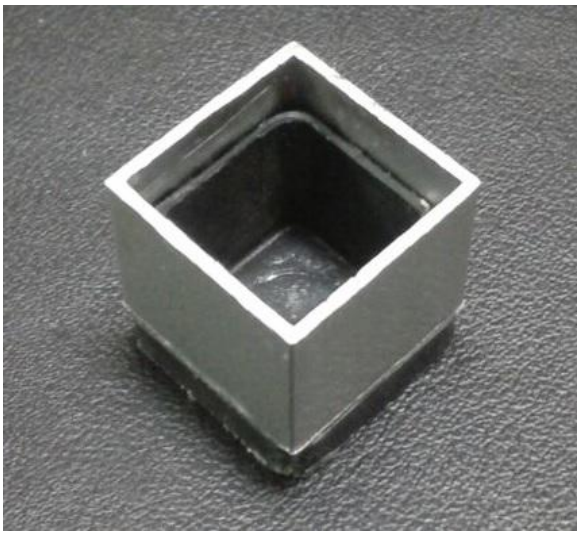
شكل (2-18): صورة تظهر الانفتاح الحفافي لإحدى العينات قبل تطبيق الخزف المغطي.

2-4-5 تطبيق الخزف المغطي:

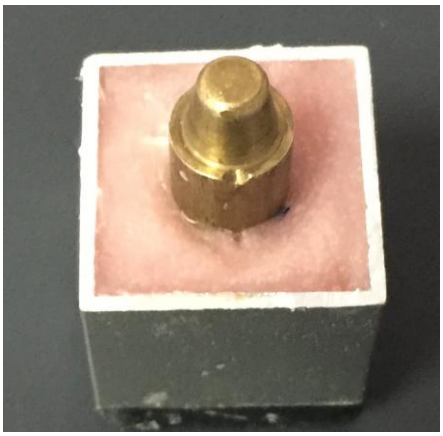
طبّق الخزف المغطي بسماكة موحدة ، وذلك من أجل توحيد سماكة طبقة الخزف المغطي لجميع القبعات قبل الخبز بالطريقة التالية:

صنع قالب ضبط السماكة:

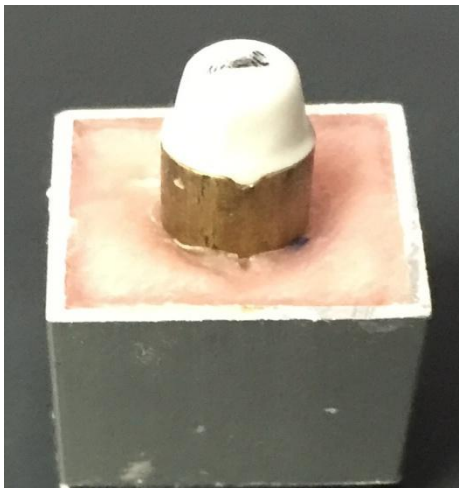
- تم صنع قاعدة إكريلية للدّعامة المعدنية باستخدام قالب معدني.
- غُرست الدعامة المعدنية ضمن الأكريل ذاتي التصلب.
- طُبّق الخزف المغطي (GC ZR-FS)، وذلك بمزج مسحوق الخزف مع السائل الخاص به، بواسطة الفرشاة على قبعة زيركونية جديدة لم تدخل في عينة البحث حيث طُبّق الخزف بعيداً عن حواف الزيركونيا بمقدار 1 ملم لإبعاد تأثير الخزف المغطي في الانطباق الحفافي.
- تم تطبيق الخزف المغطي على قبعة زيركونية وخبزه للحصول على سماكة 1 ملم بعد الخبز، وتم التأكد من السماكة باستعمال مقياس سماكة يدوي.
- وضع الدعامة المعدنية مع قبعتها الزيركونية المغطاة بالخزف ذات القاعدة الإكريلية من أجل صنع قالب من الصفائح الخاصة بجهاز vacumm، ثم وضعت صفيحة بلاستيكية طرية في الجهاز لإحمائها وتخليتها من الهواء بجهاز التخلية Vacumm. قُصَّ القالب المصنوع من الصفيحة بشكل يساير حواف القبعة الزيركونية ليتم استخدام هذا القالب في ضبط سماكة الخزف المغطي.



شكل (2–19): صورة توضح القالب المستخدم لصنع القاعدة الاكريلية



شكل (2–20): صورة توضح الدعامة المعدنية ضمن القاعدة الاكريلية



شكل (2-21): صورة توضح الدعامة المعدنية مع القبعة الزيركونية قبل تطبيق الخزف المغطي

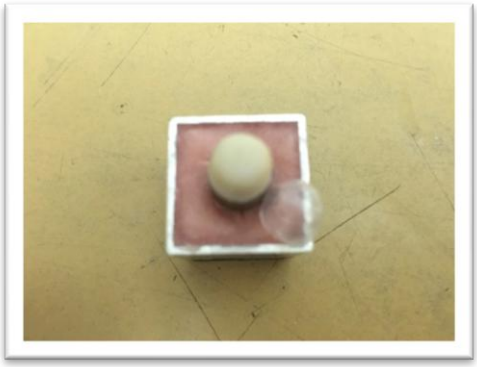
طبّق الخزف المغطي (GC ZR-FS) على جميع القبعات الزيركونية، وذلك بمزج مسحوق الخزف مع السائل الخاص حيث طبق بواسطة الفرشاة على القبعة الزيركونية ومن ثم استخدم القالب لضبط السماكة وتم تطبيق الخزف بعيدا عن حواف الزيركونيا بمقدار 1 ملم لإبعاد تأثير الخزف المغطي على الانطباق الحفافي.

شكل (2-22): صورة توضح تطبيق الخزف المغطي

شكل (2-23): صورة للقبعة الزيركونية بعد خبز الخزف المغطي

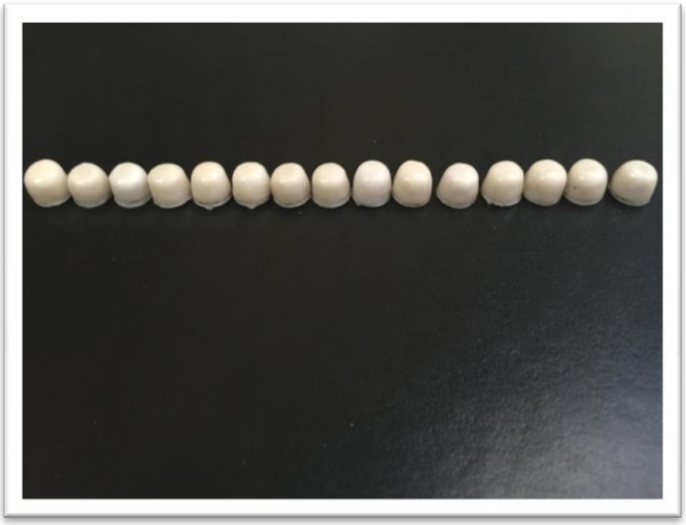
شكل (2-24): صورة توضح سماكة الخزف المغطي 1 ملم بعد الخبز

شكل (2-25): صورة توضح العينة ضمن جهاز vacumm من اجل صنع قالب ضبط السماكة



شكل (2-26): صورة توضح القالب المستخدم لضبط السماكة

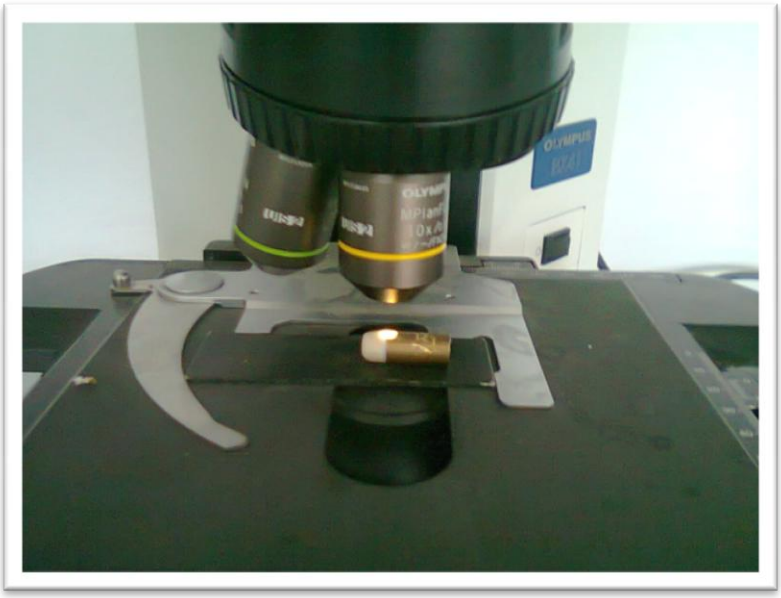
تم إجراء دورة خبز واحدة لجميع مفردات العينة وذلك باستخدام فرن خزف (Dentsply,Multimat) وفقاً للبرنامج المرفق والخاص بالخزف المستخدم لخبز طبقة العاج الأولى (Dentine 1).



شكل (2-27): صورة توضح القبعات الزيركونية بعد تطبيق الخزف المغطي وخبزه

تم إلصاق القبعات الزيركونية على الدعامات المعدنية وفقاً للطريقة المتبعة سابقاً في مرحلة قبل الخبز. وقياس 50 نقطة عشوائية تتوزع على كامل حواف الدعامة.

شكل (2-28): صورة للدعامات المعدنية بعد الصاق القبعات الزيركونية وخبز الخزف المغطي



شكل (2-29): صورة تظهر احدى العينات أثناء قياس الإنطباق الحفافي

تم فك القبعات الزيركونية الملصقة وذلك بتعريضها لدرجات حرارة منخفضة في فرن الخبز ولمدة لا تتجاوز الدقيقة، ومن ثم إجراء ضربات خفيفة بالبنس المستخدم لحمل القبعات كي تتكسر طبقة الإسمنت الموجودة.

أخضعت العينة لدورتي خبز:

الدورة الأولى: تضمنت خبز طبقة العاج الثانية (Dentine 2) وفقا للبرنامج الخاص بالخزف المستخدم.

الدورة الثانية: تضمنت إضافة طبقة glaze على سطح الخزف ثم أدخل الفرن وفقا للبرنامج الخاص بالخزف المستخدم.

تم إلصاق القبعات الزيركونية على الدعامات المعدنية وفقاً للطريقة المتبعة سابقاً في مرحلة قبل الخبز. وقياس 50 نقطة عشوائية تتوزع على كامل حواف الدعامة.

تم فك القبعات الزيركونية الملصقة وذلك بتعريضها لدرجات حرارة منخفضة في فرن الخبز ولمدة لا تتجاوز الدقيقة ومن ثم إجراء ضربات خفيفة بالبنس المستخدم لحمل القبعات كي تتكسر طبقة الإسمنت الموجودة.

أخضعت العينة لدورتي خبز تصحيح(Correction) وفقا للبرنامج الخاص بالخزف المستخدم.

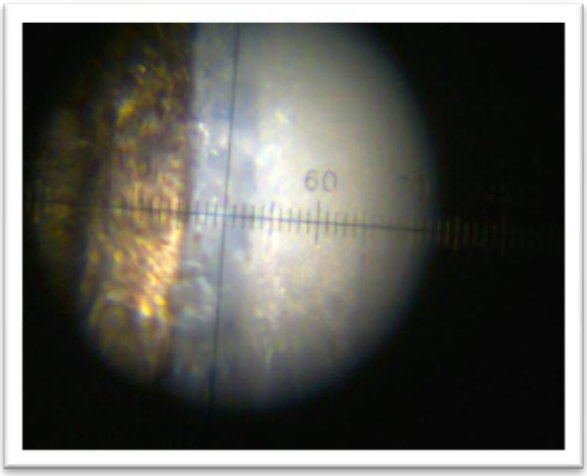
	Preheating temp. Start-Temperatur	Drying time Trocknungs-Zeit	Raise of temp. Temperatur-Anstieg	Vacuum Vakuum	Final temp. End-Temperatur	Holding time Haltezeit	Appearance Erscheinungsbild
Shoulder Firing 1. und 2. Shulterbrand	450°C	4 min	45°C/min	Yes/Ja	830°C	1 min	Shining Glänzend
FM-Firing FM-Brand	450°C	4 min	55°C/min	Yes/Ja	800°C	1 min	Slightly shining Leicht glänzend
1st Dentin Firing Dentinbrand	450°C	6 min	45°C/min	Yes/Ja	810°C	1 min	Slightly shining Leicht glänzend
2nd Dentin Firing Korrekturbrand	450°C	6 min	45°C/min	Yes/Ja	800°C	1 min	Slightly shining Leicht glänzend
Glaze Firing Glanzbrand	480°C	2 min	45°C/min	---	820°C	---	Shining Glänzend
Glaze firing with glaze powder Glanzbrand mit Glasur	480°C	2 min	45°C/min	---	790°C	1 min	Shining Glänzend
Correction Powder Firing Korrekturmasse-Brand	450°C	4 min	45°C/min	Yes/Ja	690°C	1 min	Shining Glänzend

صورة (2-30) توضح برنامج خبز الخزف المستخدم

تم إلصاق القبعات الزيركونية على الدعامات المعدنية وفقاً للطريقة المتبعة سابقاً في مرحلة قبل الخبز.

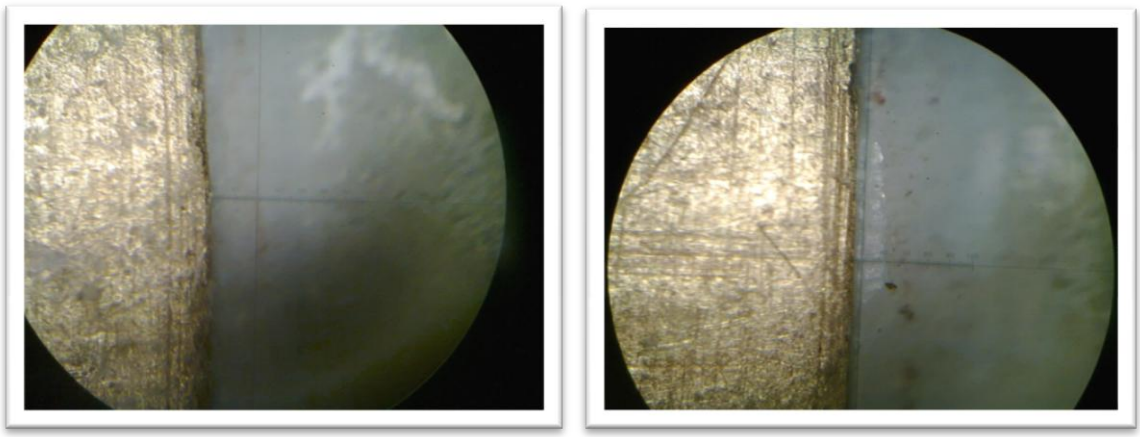
وقياس 50 نقطة عشوائية تتوزع على كامل حواف الدعامة.

وضعت نتائج قياس الانطباق الحفافي في جدول للمراحل الأربع (قبل الخَبز، بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز، بعد خمس دورات خَبز) واستخدم البرنامج الإحصائي SPSS version 019 لإجراء الاختبارات الإحصائية.

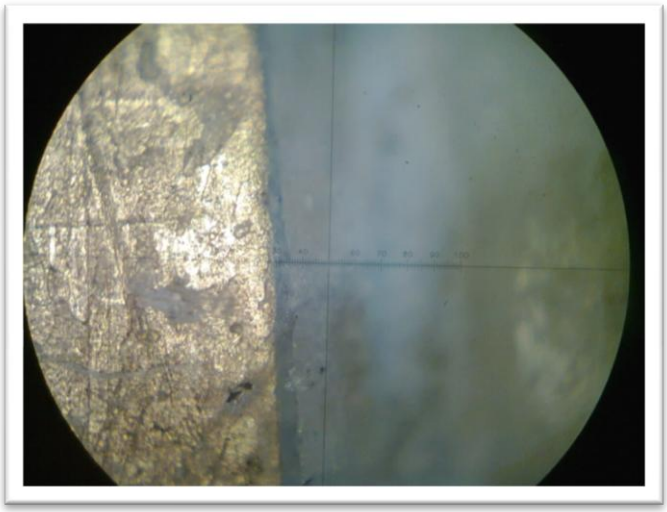


شكل (2-31): صورة توضح قياس الفرجة الحفافية

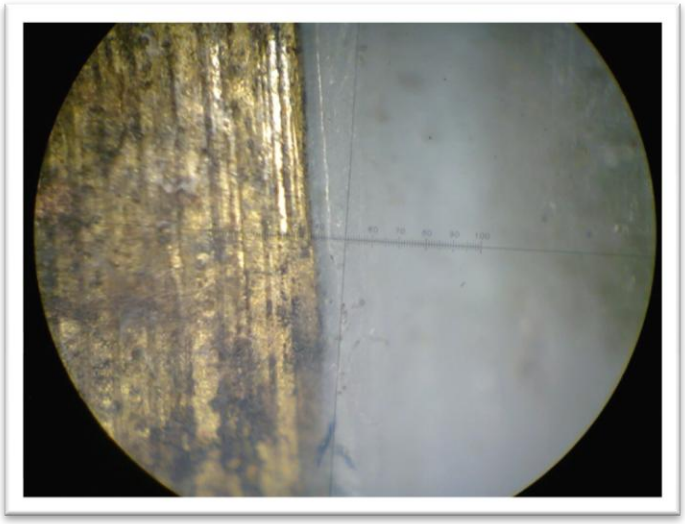
شكل (2-32): صورة توضح قياس الفرجة الحفافية



شكل (2-33): صورة توضح قياس الفرجة الحفافية



شكل (2-34): صورة توضح قياس الفرجة الحفافية



شكل (2-35): صورة توضح قياس الفرجة الحفافية

الباب الثالث

النتائج

Results

3-1 وصف العينة :

تألفت عينة البحث من 15 قبعة زيركونية متطابقة الشكل تم تصنيعها على 15 مثالاً نحاسياً في عينة البحث.

3-2 الدراسة الإحصائية التحليلية:

تم تحديد 50 نقطة قياس مختلفة على كل قبعة من القبعات الزيركونية المدروسة في عينة البحث في أربع مراحل مختلفة (قبل الخَبز، بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز، بعد خمس دورات خَبز) أي بكل مجموعه 3000 نقطة قياس (750 نقطة قياس في كل مرحلة)، ثم تم قياس مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) عند كل نقطة من نقاط القياس المحددة لكل قبعة من القبعات الزيركونية المدروسة في عينة البحث وتم اعتماد المتوسط الحسابي لقيم مقدار الفرجة الحفافية عند النقاط الخمسين المحددة في كل مرحلة لكل قبعة من القبعات الزيركونية المدروسة في عينة البحث.

وتم حساب مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في ثلاث مراحل مختلفة (بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز، بعد خمس دورات خَبز) لكل قبعة من القبعات الزيركونية المدروسة كما في المعادلات التالية:

- **مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) بعد دورة خَبز واحدة لكل قبعة = مقدار الفرجة الحفافية المعتمدة (بالميكرون) بعد دورة خَبز واحدة – مقدار الفرجة الحفافية المعتمدة (بالميكرون) قبل الخَبز للقبعة نفسها**
- **مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) بعد ثلاث دورات خَبز لكل قبعة = مقدار الفرجة الحفافية المعتمدة (بالميكرون) بعد ثلاث دورات خَبز– مقدار الفرجة الحفافية المعتمدة (بالميكرون) قبل الخَبز للقبعة نفسها**

- **مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) بعد خمس دورات خَبز لكل قبعة = مقدار الفرجة الحفافية المعتمدة (بالميكرون) بعد خمس دورات خَبز واحدة – مقدار الفرجة الحفافية المعتمدة (بالميكرون) قبل الخَبز للقبعة نفسها**

كما تم حساب نسبة التغير في الفرجة الحفافية في ثلاث مراحل مختلفة (بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز، بعد خمس دورات خَبز) لكل قبعة من القبعات الزيركونية المدروسة كما في المعادلات التالية:

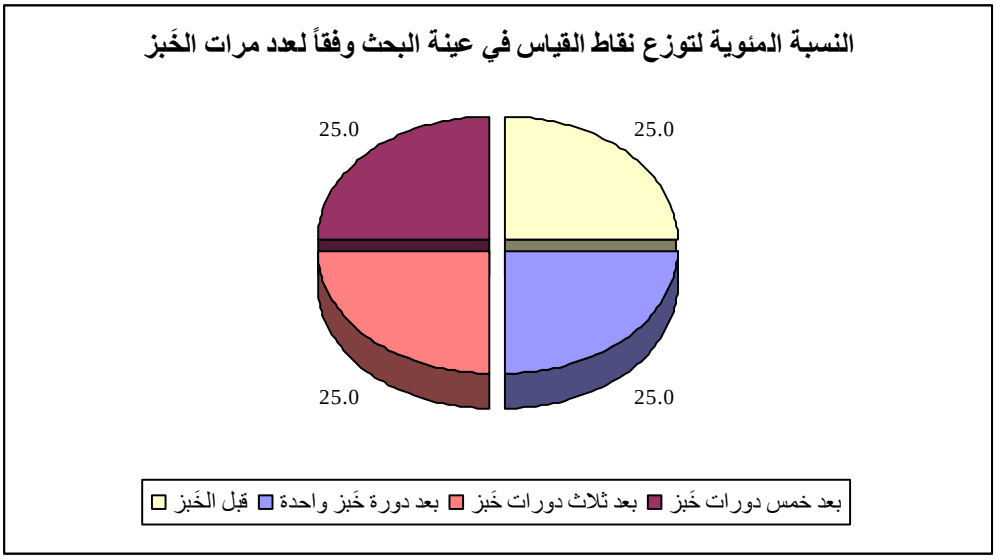
- **نسبة التغير في الفرجة الحفافية بعد دورة خَبز واحدة لكل قبعة = (مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) بعد دورة خَبز واحدة ÷ مقدار الفرجة الحفافية المعتمدة (بالميكرون) قبل الخَبز) × 100 للقبعة نفسها**
- **نسبة التغير في الفرجة الحفافية بعد ثلاث دورات خَبز لكل قبعة = (مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) بعد ثلاث دورات خَبز÷ مقدار الفرجة الحفافية المعتمدة (بالميكرون) قبل الخَبز) × 100 للقبعة نفسها**
- **نسبة التغير في الفرجة الحفافية بعد خمس دورات خَبز لكل قبعة = (مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) بعد خمس دورات خَبز ÷ مقدار الفرجة الحفافية المعتمدة (بالميكرون) قبل الخَبز) × 100 للقبعة نفسها**

ثم تمت دراسة تأثير عدد مرات الخَبز على مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) وتم حساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لكل من مقادير التغير ونسب التغير في الفرجة الحفافية وفقاً للمرحلة المدروسة وكانت نتائج التحليل كما يلي:

3-2-1 توزع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز:

جدول رقم (3-1): يبين توزع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز

عدد مرات الخَبز	عدد نقاط القياس	النسبة المئوية
مجموعة القبعات المقاسة قبل الخَبز	750	25.0
مجموعة القبعات المقاسة بعد دورة خَبز واحدة	750	25.0
مجموعة القبعات المقاسة بعد ثلاث دورات خَبز	750	25.0
مجموعة القبعات المقاسة بعد خمس دورات خَبز	750	25.0
المجموع	3000	100



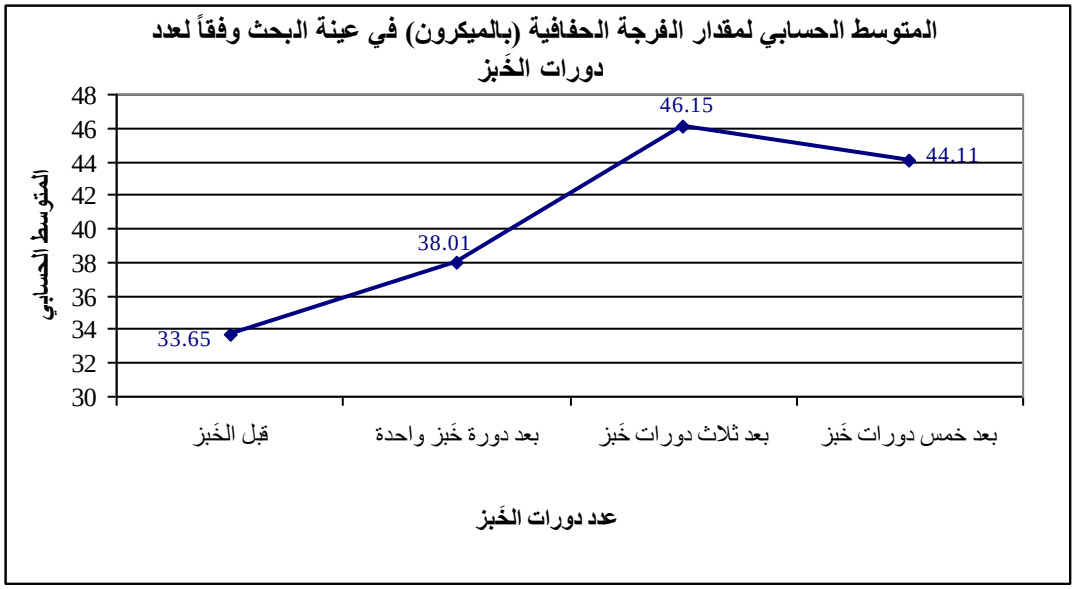
مخطط رقم (3-1): يمثل النسبة المئوية لتوزع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز

3-2-2 نتائج قياس الفرجة الحفافية في جميع نقاط القياس في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة:

- **إحصاءات وصفية:**

جدول رقم (3-2): يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز

المتغير المدروس	عدد مرات الخَبز	عدد القبعات الزيركونية	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)	قبل الخَبز	15	33.65	6.61	1.71	25.60	47.20
	بعد دورة خَبز واحدة	15	38.01	7.82	2.02	26.00	53.40
	بعد ثلاث دورات خَبز	15	46.15	10.93	2.82	27.80	65.80
	بعد خمس دورات خَبز	15	44.11	17.83	4.60	15.80	78.40



مخطط رقم (3-2): يمثل المتوسط الحسابي لمقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز

3-2-3 نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة:

تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المراحل الأربع المدروسة (قبل الخَبز، بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز، بعد خمس دورات خَبز) في عينة البحث كما يلي:

جدول رقم (3-3): يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المراحل الأربع المدروسة (قبل الخَبز، بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز، بعد خمس دورات خَبز) في عينة البحث

المتغير المدروس	المقارنة في القيم بين المرحلتين:	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون)	بعد دورة خَبز واحدة – قبل الخَبز	4.36	3.315	14	0.005	**توجد فروق دالة**
	بعد ثلاث دورات خَبز – قبل الخَبز	12.49	4.962	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد خمس دورات خَبز – قبل الخَبز	10.45	2.307	14	0.037	**توجد فروق دالة**
	بعد ثلاث دورات خَبز – بعد دورة خَبز واحدة	8.13	4.175	14	0.001	**توجد فروق دالة**
	بعد خمس دورات خَبز – بعد دورة خَبز واحدة	6.09	1.533	14	0.148	لا توجد فروق دالة
	بعد خمس دورات خَبز – بعد ثلاث دورات خَبز	-2.04	-0.773	14	0.452	لا توجد فروق دالة

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في قيم مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المرحلة (قبل الخَبز) وكل من المراحل الثلاث الباقية (بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز، بعد خمس دورات خَبز) على حدة، وعند المقارنة في قيم مقدار الفرجة الحفافية بين المرحلتين (بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز)، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في قيم مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المراحل المذكورة في عينة البحث.

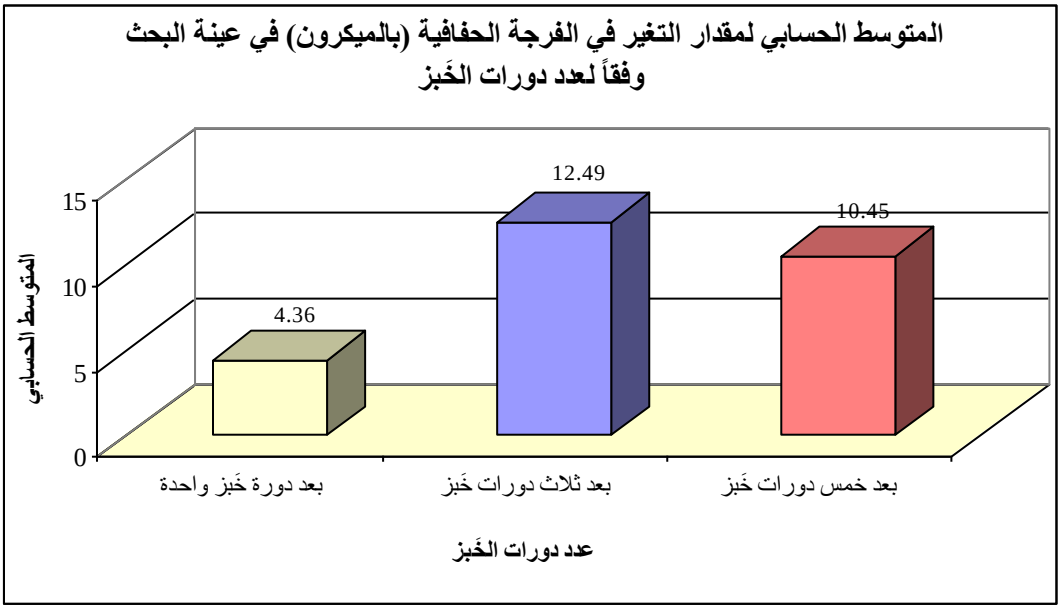
أما عند المقارنة في قيم مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المرحلة (بعد خمس دورات خَبز) وكل من المرحلتين (بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز) على حدة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في قيم مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المرحلة (بعد خمس دورات خَبز) وكل من المرحلتين (بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز) على حدة في عينة البحث.

3-2-4 نتائج حساب مقدار التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة:

- **إحصاءات وصفية:**

جدول رقم (3-4): يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز

المتغير المدروس	عدد مرات الخَبز	عدد القبعات الزيركونية	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
مقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون)	بعد دورة خَبز واحدة	15	4.36	5.09	-1.8	13.2
	بعد ثلاث دورات خَبز	15	12.49	9.75	0.6	33.6
	بعد خمس دورات خَبز	15	10.45	17.55	-17.6	52.8



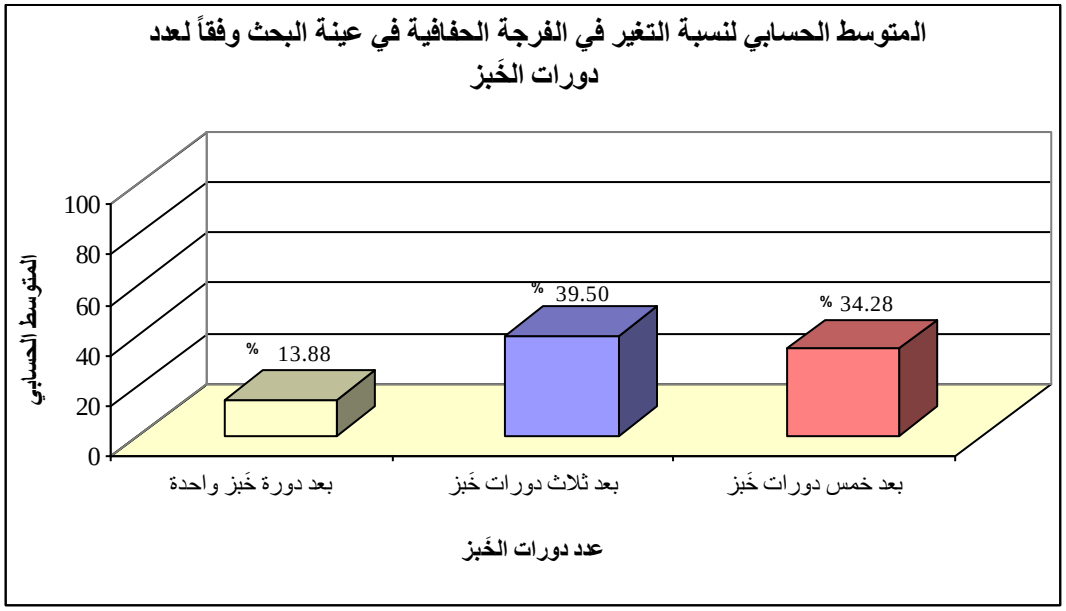
مخطط رقم (3-3) يمثل المتوسط الحسابي لمقدار التغير في الفرجة الحفافية (بالميكرون) في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز

3-2-5 نتائج حساب نسبة التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً للمرحلة المدروسة:

- **إحصاءات وصفية:**

جدول رقم (3-5) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لنسبة التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز

المتغير المدروس	عدد مرات الخَبز	عدد القبعات الزيركونية	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
نسبة التغير في الفرجة الحفافية	بعد دورة خَبز واحدة	15	13.88	17.34	-4.9	42.9
	بعد ثلاث دورات خَبز	15	39.50	35.35	2.2	131.3
	بعد خمس دورات خَبز	15	34.28	62.10	-52.7	206.3



مخطط رقم (3-1) يمثل المتوسط الحسابي لنسبة التغير في الفرجة الحفافية في عينة البحث وفقاً لعدد مرات الخَبز.

الباب الرابع

المناقشة

Discussion

4-1 مناقشة مواد وطرائق البحث:

أجري البحث على دعاماتٍ معدنيةٍ متطابقة، صُنّعت بواسطة مخرطة صناعية، وذلك بهدف توحيد طول الدعامة ،عرض شبه الكتف، وضبط درجة ميلان الجدران بدقة، حيث أنَّ المخرطة الصناعية التي استخدمت مزودة بمنقلة، وبذلك أُلغيت مشكلة اختلاف الأبعاد.

استخدمت طريقة الدعامات المعدنية المحضرة بواسطة مخرطةٍ صناعيةٍ في عدة دراسات منها: دراسة (Oyague et al., 2010)، (Vojdani et al., 2015)، (Torabi et al., 2015)، وكذلك الأمر في دراسة Iwai عن تأثير زاوية الإلتقاء و مسافة الإسمنت على انطباق قلنسوات الزيركون (Iwai et al., 2008)، وفي دراسات أخرى استخدمت الدعامات المعدنية لقياس الانطباق الحفافي ذلك لأن تحضير الدعامات المعدنية القياسي يقلل من التآكل أو الحت الذي يحدث للدعامات غير المعدنية خلال عمليات صنعها أو أثناء إجراء القياسات (Gavelis et al., 1981, Balkaya et al., 2005)

تم تثبيت زاوية التحضير بزاوية التقاء 20° لتكون ضمن درجات الميلان المقبولة سريرياً، حيث أنَّ الممارسين السريريين يميلون لتحضير الأسنان بزوايا التقاء (10°-25°) (Nordlander et al., 1988).

تعتبر زاوية الالتقاء 20° في التحضير مقبولة وذلك حسب (Doyle et al., 1990).

صنعت حفرة (notch) بشكل ربع كرة على الحافة الخارجية لشبه الكتف باستخدام سنبلة كروية (KOMET) قطرها 1 ملم، وهذه الحفرة تهدف إلى تأمين الاستقرار، والتوضع الصحيح للقلنسوة على الدعامة، واستخدمت هذه الطريقة في بحث Iwai (Iwai et al., 2008).

أجري المسح على الدعامات المعدنية مباشرةً، بعد استخدام بخاخ لتحسين دقة المسح دون اللجوء إلى أخذ طبعاتٍ للدعامات، وذلك لزيادة الدقة حيث تمَّ التخلص من تغيّر أبعاد المطاط، والتقلص التصلبي للجبس.

بين (Bornemann et al., 2002) أن استخدام طبقة Die spacer غير المناسبة أو القيام بتعديل السطح الداخلي للتاج لتفادي نقاط التماس المبكرة في الحدود القاطعة أو الإطباقية سيؤدي إلى انفتاح حفافي أكبر.

حددت سماكة طبقة الإسمنت الإفتراضية (Die spacer) بمقدار 30 ميكرون مع الابتعاد 1 ملم عن حواف التحضير ،حيث أكدّ (Weaver et al., 1991, Nakamura et al., 2003, Reich et al., 2005) بأنّ سماكة هذه الطبقة تشكل عامل مهم في الانطباق. كما نصح Nakamura بضبط سماكة هذه الطبقة بمقدار 30 ميكرون لتعطي نتائج إنفتاح حفافي صغيرة (Nakamura et al., 2003).

لم يجر أي تعديل على السطح الداخلي لقبعات الزيركونيا لتحسين الانطباق حيث تجنب Boening في دراسته تعديل السطح الداخلي للتاج إذ أنه من الممكن أن يؤدي إلى أذية داخلية لمادة التاج مما يؤدي إلى تأثير في قيم الانطباق الحفافي (Boening et al., 2000).

استخدم المجهر الضوئي في هذه الدراسة بمعدل تكبير وقدره (x100) لدراسة الانطباق الحفافي كما في دراسات (مناديلي، 2009)، (المقداد، 2010)، (ناصر الدين، 2012).

تم قياس 50 نقطةً موزعةً عشوائياً على كامل حواف القبعة، وسجلت القياسات بدءا من يمين الحفرة التي صنعت على الدعامة. لم تجر قياسات للانطباق الحفافي موضع الحفرة التي صنعت على شبه الكتف. تراوحت عدد النقاط المستخدمة في دراسات سابقة من 4 نقاط (Dittmer et al., 2009, Kohorst et al., 2009, Holden et al., 2009)، 8 نقاط (Vigolo and Fonzi, 2008)، 16 نقطة (Bindl and Mormann, 2004)، 18 نقطة (Balkaya et al., 2005)، 24 نقطة (Coli and Karlsson, 2004)، 54 نقطة (Rinke et al.,

1995). ولم يجد Groten فارقاً في نتائج الانطباق الحفافي عند اختيار نقاط القياس عشوائياً أو عند تباعدها بمسافات متساوية (Groten et al., 2000).

يعتبر مقدار الانطباق الحفافي المقبول سريرياً مثار جدل في الأدب الطبي (Tinshert et al. 2001).

يتطلب التعويض ثخانة فليمية من طبقة الإسمنت اللاصق مقدارها (20–40) ميكرون (Christensen1966).

اعتبر McLean and Fraunhofer عام 1971 أن الحد الأقصى للانفتاح الحفافي المقبول سريريا 120 ميكرون (McLean and von Fraunhofer, 1971).

تم تسجيل قيم للإنطباق الحفافي للتعويضات الخزفية الكاملة تتراوح من 17 ميكرون إلى 161 ميكرون باستخدام أنظمة تصنيع مختلفة (الخزف الزجاجي المصبوب، أنظمة القلب المقوى، والتفريز الآلي)، وتتأثر قيمة الانطباق بنوع النظام المستخدم (Dittemer et al. 2009, Holden et al. 2009, Kohorst et al. 2009).

سجل Tao قيم الفجوة الحفافية لتيجان Cercon تتراوح من 40–90 ميكرون (Tao and Han, 2009).

4-2 مناقشة نتائج البحث:

تراوحت قيم الانطباق الحفافي في هذه الدراسة لمرحلة ماقبل الخبز (33.65±19.01) ميكرون، بعد دورة خبز واحدة (38.01±20.95) ميكرون، بعد ثلاث دورات خبز (46.15±20.50) ميكرون، وبعد خمس دورات خبز (44.11±23.96) ميكرون. وهي ضمن الحدود المقبولة سريرياً لمقدار الإنفتاح الحفافي (McLean and von Fraunhofer, 1971).

تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المراحل الأربع المدروسة (قبل الخَبز، بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز، بعد خمس دورات خَبز).

عند مقارنة قيم مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المرحلة (قبل الخَبز) وكل من المراحل الثلاث الباقية (بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز، بعد خمس دورات خَبز) على حدة، وعند المقارنة في قيم مقدار الفرجة الحفافية بين المرحلتين (بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز)، كانت قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في قيم مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المراحل المذكورة في عينة البحث.

أما عند المقارنة في قيم مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المرحلة (بعد خمس دورات خَبز) وكل من المرحلتين (بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز) على حدة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في قيم مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المرحلة (بعد خمس دورات خَبز) وكل من المرحلتين (بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز) على حدة في عينة البحث.

لوحظت زيادة في الإنفتاح الحفافي بعد إضافة طبقة الخزف المغطي في التيجان الخزفية المعدنية (Shillingburg et al. 1973, Faucher and Nicholls 1980, Wanserski et al. 1986)، وفي التيجان الخزفية الكاملة (Castellani et al. 1994, Balkaya et al. 2005).

إن الزيادة في مقدار الإنفتاح الحفافي يمكن تبريرها بعدة عوامل منها تأثير عملية الخبز على خواص قبعة الزيركونيا ويتجلى تأثير حرارة الخبز بشكل أساسي على تغير الطبقة السطحية. إن التغير البنيوي في جميع أنحاء العينة يمكن أن يؤدي إلى بعض التشوه في الأبعاد. لم يستطع Oilo في دراسته تحديد عدد دورات خبز الخزف للتيجان الخزفية الكاملة التي تلعب دوراً اساسياً كحرارة مؤدية للتشوه (Oilo et al., 2008).

يمكن أن تعزى التغيرات التي تحدث في الانطباق الحفافي بالاتجاه العمودي إلى انزياح حواف التاج باتجاه الداخل مما قد يؤدي إلى انطباق داخلي أكبر (Tighter fit) وبالتالي عدم توضع كامل للتاج مما يؤدي إلى زيادة الانفتاح الحفافي(Balkaya et al., 2005).

إن عملية نحت الزيركونيا (Machining) تؤدي إلى تشكل طبقة من الضغوط على سطح الزيركونيا، وتؤدي عملية التغطية بالخزف إلى تحرير الجهود المتبقية (Sundh et al., 2005).

تُنتج عملية الخبز والتبريد جهد شد متبقي يتطور ضمن طبقة الخزف عند التبريد تحت مرحلة التحول الزجاجي، وأعلى من هذه الدرجة يتخلص الخزف من هذه الجهود بالتشوه الشكلي (Guazzato et al., 2010).

بسبب عدم وجود علاقة خطية بين معامل التمدد الحراري وتغير درجة الحرارة سوف تزداد الفروقات الصغيرة في معامل التمدد الحراري من خلال طبقة الخزف وبين الخزف والزيركونيا، إن المناطق الخارجية سوف تبرد بشكل أسرع مما يؤدي لتركز الجهود بالقرب من السطح. وبما أن الزيركونيا بطيئة النقل للحرارة لذلك كلما كان التبريد أسرع زادت الإمكانية في تطور الجهود (Guazzato et al., 2010).

بيّن DeHoff أن اختلاف معامل التمدد الحراري بين قالب الزيركونيا والخزف المغطي يؤدي إلى تشكل جهود عندما يتم تبريد الترميم من مرحلة التحول الزجاجي إلى درجة حرارة الغرفة والتي تؤدي بالنتيجة إلى تشوه الترميم. واقترح DeHoff أن يكون الفرق بين معامل التمدد الحراري للخزف المغطي α veneering والقبعة α core ($\Delta\alpha = \alpha$ core $-\alpha$ veneering) ضمن حدود ($-0.61 \times 10^{-6}. K^{-1}$ to $+1.02 \times 10^{-6}. K^{-1}$)

(DeHoff et al., 2008).

خلص Aboushelib إلى أنه من المرغوب به أن يتم تقليص الفارق في معامل التمدد الحراري خاصة في التعويضات الخزفية الكاملة إلى أقل ما يمكن (Aboushelib et al., 2007).

في دراستنا الحالية كان معامل التمدد الحراري للزيركونيا $10 \times 10.K^{-1}{}^{-6}$= α core و معامل التمدد الحراري للخزف المغطيα veneering = $9.4 \times 10.K^{-1}$ وبالتالي ($\boldsymbol{\Delta\alpha = 0.6 \times 10^{-6}. K^{-1}}$).

بيّن Isgro بأنه لا يمكننا توقع التلاؤم بين خزف القالب والخزف المغطي حتى لو كان فرق معامل التمدد الحراري يساوي صفر.(Isgro et al., 2005).

إنَّ عدم توافق معامل التمدد الحراري سيؤدي إلى وضع الخزف المغطي تحت الضغط ويقلل من إمكانية تطور التصدعات. يمكن أن تنشأ الجهود المتبقية من عدم توافق معامل التمدد الحراري وأن تكون ذات تأثير ضار على انطباق تعويض الزيركون (Abduo et al., 2010).

أشارت دراستي (Fairhurst et al., 1980, Isgro et al., 2004) إلى أن زيادة عدد دورات الخبز تؤدي إلى تغير معامل التمدد الحراري لقالب الزيركونيا والخزف المغطي منتجة بذلك عدم توافق حراري غير موثوق به.

أجرى Dittmer دراسة للعناصر المنتهية لدراسة تطور الجهود الناشئة من عدم توافق معامل التمدد الحراري ضمن هيكل الزيركونيا؛ فوجد أن هيكل الزيركونيا يتعرض لقوى شد والخزف المغطي يتعرض لقوى ضغط (Dittmer et al., 2009).

لم تدعم نتائج korhost فرضية بأن معامل التمدد الحراري الأقل للخزف المغطي سيؤدي إلى تشوه أقل. بل أشارت النتائج بأنه عندما يكون فرق معامل التمدد الحراري كبير ($K^{-1}.^{6-}10\times1.7-1.2$) يؤدي إلى تشوه أقل منه عندما يكون الفرق أصغر ($K^{-1}.^{6-}10\times0.6$) (Kohorst et al., 2010).

- اتفقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة (Vojdani et al., 2015) حول تأثير خبز الخزف ونوع خط الإنهاء في الانطباق الحفافي للزيركونيا حيث وجدت فروقات دالة بين الانطباق الحفافي قبل الخبز وبعده في كل من خط الإنهاء شبه الكتف والكتف.
- واتفقت هذه الدراسة مع دراسة منهجية قام بها (J . A B D U O et al.) خلصت إلى أنه هناك تأثير سلبي للخزف المغطي في الانطباق الحفافي لقبعات الزيركونيا (Abduo et al., 2010).
- كما اتفقنا مع دراسة أجريت لتأثير خبز الخزف في الانطباق الحفافي لنوعين مختلفين من أنظمة الزيركون lava & digident (CAD/CAM)، حيث تم صنع 20 قبعة زيركونية وتم قياس الانطباق الحفافي قبل وبعد وضع الخزف المغطي بواسطة المجهر الضوئي في عدة نقاط عشوائياً، ودلت النتائج على وجود فروق جوهرية للانطباق الحفافي قبل وبعد خبز الخزف المغطي، وعدم وجود فروق جوهرية بين النظامين المستخدمين لصنع التيجان الخزفية الكاملة (Pak et al., 2010).

- لم تكن نتائجُ هذه الدّراسة متعارضةٌ مع نتائجِ دراسة أجريت عام 2012 (Hmedat & Abdily,2012) لمقارنة الانطباق الحفافي لثلاثة أنظمة خزف (زيركونيا مصنع يدوياً، empress 2، زيركونيا

(CAD/CAM)) قبل وبعد الخبز وبعد التزجيج. دلت النتائج بأن عملية خبز الخزف لم تؤثر في الانطباق الحفافي للمجموعتين (زيركونيا مصنع يدوياً، empress 2)، ويوجد تأثير لعملية خبز الخزف والتزجيج في الانطباق الحفافي للمجموعة (زيركونيا (CAD/CAM).

- وتوافقت نتائجُ هذه الدراسة مع بحث ماجستير بعنوان تأثير طبقة الخزف المغطية لقلنسوة الزيركونيا في الانطباق الحفافي (AL-Hariri,2010). تم فيها دراسة تأثير طبقة الخزف المغطية للقلنسوات لنظام cercon في الانطباق الحفافي لخطي الإنهاء: الكتف بسماكة 1 ملم وشبه الكتف، وأوضحت النتائج أن إضافة الخزف يؤثر أثرا ذا قيمة إحصائية على عينات كلا خطي الإنهاء.
- اتفقت هذه الدراسة مع دراسة (Dittmer et al., 2009) حيث قام بدراسة الانطباق الحفافي والداخلي للجسور الزيركونية المؤلفة من أربع وحدات قبل وبعد تطبيق الخزف المغطي. أجريت الدراسة مخبريا واستخدم ايضا تحليل العناصر المنتهية، وأظهرت النتائج بأنه يوجد تأثير لعملية خبز الخزف المغطي في الانطباق الحفافي والداخلي.

- لم تكن نتائجُ هذه الدّراسة متعارضةٌ مع نتائجِ .Att et al في دراسة للانطباق الحفافي للجسور الزيركونية المؤلفة من ثلاث وحدات والمصنعة بواسطة ثلاثة أنظمة من (CAD/CAM) بحدوث زيادة في الانفتاح الحفافي كنتيجة لخبز الخزف لكنها أصغرية (Att et al., 2009).
- اتفقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة (Torabi et al., 2015) التي قارنت تأثير تقنية التغطية (تقنية الطبقات، تقنية الحقن press، تقنية CAD/CAM) في الانطباق الحفافي لقبعات الزيركونيا بعد الخبز وخلصت إلى حدوث زيادة في الفجوة الحفافية بالتقنيات الثلاث وأكبر زيادة كانت في تقنية الطبقات (63.06 µm) (Torabi et al., 2015).

- بينما اختلفت هذه الدّراسة مع دراسة أجريت عام 2008 (Vigolo P., Fonzi F.) لتقييم الانطباق الحفافي لجسور الزيركونيا المؤلفة من أربع وحدات والمصنعة بواسطة ثلاثة أنظمة من (CAD/CAM) قبل خبز الخزف وبعده وبعد التزجيج، وخلصت هذه الدراسة إلى أنه لا يوجد تأثير لعملية خبز الخزف والتزجيج في الانطباق الحفافي للجسور الزيركونية المصنعة بالأنظمة الثلاثة (Vigolo and Fonzi, 2008).
- اختلفت نتائج هذه الدراسة مع دراسة Miura للانطباق الحفافي و الداخلي لتيجان الزيركونيا قبل الخبز و بعده و بعد التزجيح حيث لم يجد دالة فروق في قيم الفرجة الحفافية لتيجان الزيركونيا قبل الخبز و بعده و بعد التزجيح (Miura et al., 2014).
- وتعارضت أيضاً مع دراسة (Pera et al., 1994) حيث تم دراسة الانطباق الحفافي قبل وبعد تطبيق الخزف مع خزف الإنسيرام وباستخدام ثلاثة أشكال من خطوط الإنهاء. أظهرت النتائج بأن الانطباق الحفافي في خط الإنهاء شبه الكتف أو الكتف بزاوية 50 درجة كان أفضل بعد الخبز.

محدوديات الدراسة:

ضمن هذه الدراسة تم استخدام دعامات معدنية محضرة ولم يتم تعريضها لدورات حرارية أو تحميل ميكانيكي لمماثلة شروط الحفرة الفموية.

اعتبر Hung et al بأن للدورات الحرارية تأثير سيء في الانطباق الحفافي للتيجان وعلى أية حال ذكر Beschnidt et al بأنه لا يوجد تأثير معتبر للدورات الحرارية في الانطباق الحفافي (Hung et al., 1990, Beschnidt and Strub, 1999) .

تضمنت الدراسة أيضاً تقييم الانطباق الحفافي للتيجان المفردة بعد عملية تطبيق الخزف المغطي ولم تشمل تقييم الانطباق الحفافي للجسور التي يمكن ان تبدي نتائج مختلفة في الانطباق الحفافي تبعاً لاختلاف تصميمها وحسب شكل التحضير الذي يؤثر في الانطباق الحفافي (Cho et al., 2002).

كما لم يتم دراسة الانطباق الداخلي والتغير الحاصل أثناء عملية تطبيق الخزف المغطي.

الباب الخامس

الإستنتاجات

Conclusion

تبعاً لمحدوديات هذه الدراسة، يمكن استنتاج مايلي:

1- أنّ جميع قيم الانطباق الحفافي للعينات كانت ضمن الحدود المقبولة سريرياً.

2- تُؤثر عملية خَبز الخزف المغطي لقبعات الزيركونيا في الانطباق الحفافي.

3- تُؤدي عملية خَبز الخزف المغطي إلى زيادة في الإنفتاح الحفافي لقبعات الزيركونيا.

4- تؤدي زيادة عدد دورات الخَبز إلى زيادة قيم الفرجة الحفافية لكنها بقيت ضمن الحدود المقبولة سريرياً.

الباب السادس

المقترحات والتوصيات

Suggestions & Recommendations

6-1 مقترحات لأبحاث مُستقبليّة:

1- إجراء دراسة حول تأثير عملية خبز الخزف المغطي في الانطباق الحفافي للجسور.

2- إجراء دراسة حول تأثير عملية خبز الخزف المغطي في الانطباق الداخلي للدعامات المفردة والجسور.

3- إجراء دراسة حول تأثير عملية خبز الخزف المغطي في الانطباق الحفافي مع درجات ميلان مختلفة للدعامات.

4- إجراء دراسة حول تأثير عملية خبز الخزف المغطي ونوع خط الإنهاء المستخدم في التحضير في الانطباق الحفافي.

6-2 التوصيات:

من خلال نتائج هذه الدراسة، ومناقشتها يمكن التوصل إلى التوصيات التالية:

1- يوصى بتقليل عدد دورات خبز الخزف المغطي للقبعة الزيركونية إلى ثلاث دورات.

2- يوصى باستخدام قالب زيركونيا و خزف مغطي متقاربين في معامل التمدد الحراري.

3- يوصى باتباع تعليمات الشركة المصنعة في تطبيق البرنامج الخاص لكل طبقة خزف.

الباب السابع

المراجع
References

References:

ABDUO, J., LYONS, K. & SWAIN, M. 2010. Fit of zirconia fixed partial denture: a systematic review. *J Oral Rehabil,* 37**,** 866-76.

ABOUSHELIB, M. N. 2010. Long term fatigue behavior of zirconia based dental ceramics. *Materials,* 3**,** 2975-2985.

ABOUSHELIB, M. N ،.DE JAGER, N., KLEVERLAAN, C. J. & FEILZER, A. J. 2007. Effect of loading method on the fracture mechanics of two layered all-ceramic restorative systems. *Dent Mater,* 23**,** 952-9.

AL-AMLEH, B., LYONS, K. & SWAIN, M. 2010. Clinical trials in zirconia: a systematic review. *J Oral Rehabil,* 37**,** 641-52.

ANDERSSON, M., CARLSSON, L., PERSSON, M. & BERGMAN, B. 1996. Accuracy of machine milling and spark erosion with a CAD/CAM system. *J Prosthet Dent,* 76**,** 187-93.

ARIKO, K. 2003. [Evaluation of the marginal fitness of tetragonal zirconia polycrystal all-ceramic restorations]. *Kokubyo Gakkai Zasshi,* 70**,** 114-23.

ASSIF, D., ANTOPOLSKI, B., HELFT, M. & KAFFE, I. 1985. Comparison of methods of clinical evaluation of the marginal fit of complete cast gold crowns. *J Prosthet Dent,* 54**,** 20-4.

ATT, W., GRIGORIADOU, M. & STRUB, J. 2007. ZrO2 three-unit fixed partial dentures: comparison of failure load before and after exposure to a mastication simulator. *Journal of oral rehabilitation,* 34**,** 282-290.

ATT, W., KOMINE, F., GERDS ،T. & STRUB, J. R. 2009. Marginal adaptation of three different zirconium dioxide three-unit fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent,* 101**,** 239-47.

BADER, J. D., ROZIER, R. G., MCFALL, W. T., JR. & RAMSEY, D. L. 1991. Effect of crown margins on periodontal conditions in regularly attending patients. *J Prosthet Dent,* 65**,** 75-9.

BALDISSARA, P., LLUKACEJ, A., CIOCCA, L., VALANDRO, F. L. & SCOTTI, R. 2010. Translucency of zirconia copings made with different CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent,* 104**,** 6-12.

BALKAYA ،M. C., CINAR, A. & PAMUK, S. 2005. Influence of firing cycles on the margin distortion of 3 all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent,* 93**,** 346-55.

BESCHNIDT, S. M. & STRUB, J. R. 1999. Evaluation of the marginal accuracy of different all-ceramic crown systems after simulation in the artificial mouth. *J Oral Rehabil,* 26**,** 582-93.

BESIMO, C., JEGER, C. & GUGGENHEIM, R. 1997. Marginal adaptation of titanium frameworks produced by CAD/CAM techniques. *Int J Prosthodont,* 10**,** 541-6.

BINDL, A. & MORMANN, W. H .2004 .Survival rate of mono-ceramic and ceramic-core CAD/CAM-generated anterior crowns over 2-5 years. *Eur J Oral Sci,* 112**,** 197-204.

BIRNBAUM, N. S., AARONSON, H. B., STEVENS, C. & COHEN, B. 2009. 3D Digital Scanners: A High-Tech Approach to More Accurate Dental Impressions. *Inside Dentistry,* 5.

BOECKLER, A. F., STADLER, A. & SETZ, J. M. 2005. The significance of marginal gap and overextension measurement in the evaluation of the fit of complete crowns. *J Contemp Dent Pract,* 6**,** 26-37.

BOENING, K. W., WOLF ،B. H., SCHMIDT, A. E., KASTNER, K. & WALTER, M. H. 2000. Clinical fit of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent,* 84**,** 419-24.

BORNEMANN, G., LEMELSON, S. & LUTHARDT, R. 2002. Innovative method for the analysis of the internal 3D fitting accuracy of Cerec-3 crowns. *Int J Comput Dent,* 5**,** 177-82.

BOYLE, J. J., JR., NAYLOR, W. P. & BLACKMAN, R. B. 1993. Marginal accuracy of metal ceramic restorations with porcelain facial margins. *J Prosthet Dent,* 69**,** 19-27.

CARPENTIERI, J. R. 2004. Clinical protocol for an overdenture bar prosthesis fabricated with CAD/CAM technology. *Pract Proced Aesthet Dent,* 16**,** 755-7.

CHANG, C. C., LEE, M. Y. & KU, Y. C. 2003. DIGITAL CUSTOM DENTURE DESIGN WITH NEW ABRASIVE COMPUTER TOMOGRAPHY AND RAPID PROTOTYPING TECHNOLOGIES. *Biomed. Eng. Appl. Basis Commun***,** 115-123.

CHEVALIER, J. 2006. What future for zirconia as a biomaterial? *Biomaterials,* 27**,** 535-543.

CHEVALIER, J., DE AZA, A., GREMILLARD, L., ZENATI, R. & FANTOZZI, G. 2001. Slow crack growth in zirconia ceramics: from the single crystal to the composites. *Materials in engineering***,** 159-178.

CHEVALIER, J., DEVILLE, S., MUNCH, E., JULLIAN, R. & LAIR, F. 2004. Critical effect of cubic phase on aging in 3mol% yttria-stabilized zirconia ceramics for hip replacement prosthesis. *Biomaterials,* 25**,** 5539-5545.

CHEVALIER, J. & GREMILLARD, L. 2011. Zirconia as a Biomaterial. *Comprehensive Biomaterials,* 1**,** 95-108.

CHO, L., SONG, H., KOAK, J. & HEO, S. 2002. Marginal accuracy and fracture strength of ceromer/fiber-reinforced composite crowns :effect of variations in preparation design. *J Prosthet Dent,* 88**,** 388-95.

CHRISTENSEN, G. J. 2005. The state of fixed prosthodontic impressions: room for improvement. *J Am Dent Assoc,* 136**,** 343-6.

COELHO, P. G., BONFANTE, E. A., SILVA, N. R., REKOW, E. D & .THOMPSON, V. P. 2009. Laboratory simulation of Y-TZP all-ceramic crown clinical failures. *J Dent Res,* 88**,** 382-6.

COLI, P. & KARLSSON, S. 2004. Precision of a CAD/CAM technique for the production of zirconium dioxide copings. *Int J Prosthodont,* 17**,** 577.80-

DAVIDOWITZ, G. & KOTICK, P. G. 2011. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am,* 55**,** 559-70, ix.

DEDMON, H. W. 1982. Disparity in expert opinions on size of acceptable margin openings. *Oper Dent,* 7**,** 97-101.

DEHOFF, P. H., BARRETT, A. A., LEE ،R. B. & ANUSAVICE, K. J. 2008. Thermal compatibility of dental ceramic systems using cylindrical and spherical geometries. *Dent Mater,* 24**,** 744-52.

DENRY, I. & KELLY, J. R. 2008. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater,* 24**,** 299-30.7

DEVILLE, S., CHEVALIER, J. & GREMILLARD, L. 2006. Influence of surface finish and residual stresses on the ageing sensitivity of biomedical grade zirconia. *Biomaterials,* 27**,** 2186-92.

DITTMER, M. P., BORCHERS, L., STIESCH, M. & KOHORST, P. 2009. Stresses and distortions within zirconia-fixed dental prostheses due to the veneering process. *Acta Biomater,* 5**,** 3231-9.

DOYLE, M. G., GOODACRE, C. J., MUNOZ, C. A. & ANDRES, C. J. 1990. The effect of tooth preparation design on the breaking strength of Dicor crowns: 3. *Int J Prosthodont,* 3**,** 327-40.

DURET, F., BLOUIN, J. L. & DURET, B. 1988. CAD-CAM in dentistry. *J Am Dent Assoc,* 117**,** 715-20.

DURET, F. & PRESTON, J. D. 1991. CAD/CAM imaging in dentistry. *Curr Opin Dent,* 1**,** 150-4.

EHRENBERG, D., WEINER, G. I. & WEINER, S. 2006. Long-term effects of storage and thermal cycling on the marginal adaptation of provisional resin crowns: a pilot study. *J Prosthet Dent,* 95**,** 230-6.

FAIRHURST, C. W., ANUSAVICE, K. J., HASHINGER, D. T., RINGLE, R. D. & TWIGGS, S. W. 1980. Thermal expansion of dental alloys and porcelains. *J Biomed Mater Res,* 14**,** 435-46.

FELTON, D. A., KANOY, B. E., BAYNE, S. C. & WIRTHMAN, G. P. 1991. Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. *J Prosthet Dent,* 65**,** 357-64.

FISCHER, J ،.GROHMANN, P. & STAWARCZYK, B. 2008. Effect of zirconia surface treatments on the shear strength of zirconia/veneering ceramic composites. *Dent Mater J,* 27**,** 448-54.

GA, H. 2008. Zirconia and Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM) Dentistry. *Inside Dentistry,* 4**,** 28-39.

GARVIE, R., HANNINK, R. & PASCOE, R. 1975. Ceramic steel؟

GARVIE, R. C. & NICHOLSON, P. S. 1972. Structure and Thermomechanical Properties of Partially Stabilized Zirconia in the CaO-ZrO2 System. *Journal of the American Ceramic Society,* 55**,** 152-157.

GAVELIS, J. R., MORENCY, J. D., RILEY, E. D. & SOZIO, R. B. 1981. The effect of various finish line preparations on the marginal seal and occlusal seat of full crown preparations. *J Prosthet Dent,* 45**,** 138-45.

GOFF, J., HAYES, W., HULL, S., HUTCHINGS, M. & CLAUSEN, K. N. 1999. Defect structure of yttria-stabilized zirconia and its influence on the ionic conductivity at elevated temperatures. *Physical Review B,* 59**,** 14202.

GRASSO, J. E., NALBANDIAN, J., SANFORD, C. & BAILIT ،H. 1985. Effect of restoration quality on periodontal health. *J Prosthet Dent,* 53**,** 14-9.

GRIGGS, J. A. 2007. Recent advances in materials for all-ceramic restorations. *Dent Clin North Am,* 51**,** 713-27, viii.

GROTEN, M., AXMANN, D., PROBSTER, L. & WEBER, H .2000 .Determination of the minimum number of marginal gap measurements required for practical in-vitro testing. *J Prosthet Dent,* 83**,** 40-9.

GROTEN, M., GIRTHOFER, S. & PROBSTER, L. 1997. Marginal fit consistency of copy-milled all-ceramic crowns during fabrication by light and scanning electron microscopic analysis in vitro. *J Oral Rehabil,* 24**,** 871-81.

GUAZZATO, M., ALBAKRY, M., SWAIN, M. V. & IRONSIDE, J. 2002. Mechanical properties of In-Ceram Alumina and In-Ceram Zirconia. *Int J Prosthodont,* 15**,** 339-46.

GUAZZATO, M., WALTON, T. R., FRANKLIN, W., DAVIS, G., BOHL, C. & KLINEBERG, I. 2010. Influence of thickness and cooling rate on development of spontaneous cracks in porcelain/zirconia structures. *Aust Dent J,* 55**,** 306-10.

GUSTAVSEN, F. & SILNESS, J. 1985 .Margin fit of metal crowns and bridge retainers. *Acta Odontol Scand,* 43**,** 285-8.

HäMMERLE, C., SAILER, I., THOMA, A., HäLG, G., SUTER, A. & RAMEL, C. 2008. *Dental ceramics: essential aspects for clinical practice*, Quintessence Surrey.

HANNINK, R. H., KELLY, P. M. & MUDDLE, B. C. 2000. Transformation toughening in zirconia-containing ceramics. *Journal of the American Ceramic Society***,** 461-487.

HELMER, J. & DRISKELL, T. 1969. Research on bioceramics Symposium on Use of Ceramics as Surgical Implants. *South Carolina*.

HELVEY, G. A. 2008. Zirconia and Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing (CAD/CAM) Dentistry. *Inside Dentistry,* 4.

HICKEL, R., DASCH, W., MEHL, A. & KREMERS, L. 1997. CAD/CAM--fillings of the future? *Int Dent J,* 47**,** 247-58.

HOLAND, W ،.SCHWEIGER, M., WATZKE, R., PESCHKE, A. & KAPPERT, H. 2008. Ceramics as biomaterials for dental restoration. *Expert Rev Med Devices,* 5**,** 729-45.

HOLDEN, J. E., GOLDSTEIN, G. R., HITTELMAN, E. L. & CLARK, E. A. 2009. Comparison of the marginal fit of pressable ceramic to metal ceramic restorations. *J Prosthodont,* 18**,** 645-8.

HUNG, S. H., HUNG, K. S., EICK, J. D. & CHAPPELL, R. P. 1990. Marginal fit of porcelain-fused-to-metal and two types of ceramic crown. *J Prosthet Dent,* 63**,** 26-31.

HUNTER, A. J. & HUNTER, A. R. 1990. Gingival crown margin configurations: a review and discussion. Part I: Terminology and widths. *J Prosthet Dent,* 64**,** 548-52.

ISGRO, G., KLEVERLAAN, C. J., WANG, H. & FEILZER, A. J. 2004. Thermal dimensional behavior of dental ceramics. *Biomaterials,* 25**,** 2447-53.

ISGRO, G., WANG, H., KLEVERLAAN, C. J. & FEILZER, A. J. 2005. The effects of thermal mismatch and fabrication procedures on the deflection of layered all-ceramic discs. *Dent Mater,* 21**,** 649-55.

IWAI, T., KOMINE, F., KOBAYASHI, K., SAITO, A. & MATSUMURA, H. 2008. Influence of convergence angle and cement space on adaptation of zirconium dioxide ceramic copings. *Acta Odontol Scand,* 66**,** 214-8.

JACOBS, M. S. & WINDELER, A. S. 1991. An investigation of dental luting cement solubility as a function of the marginal gap. *J Prosthet Dent,* 65**,** 436-42.

JALALIAN, E., JANNATI, H. & MIRZAEI, M. 2008. Evaluating the effect of a sloping shoulder and a shoulder bevel on the marginal integrity of porcelain-fused-to-metal (PFM) veneer crowns. *J Contemp Dent Pract,* 9**,** 17-24.

JONES, D. W. 1985. Development of dental ceramics. An historical perspective. *Dent Clin North Am,* 29**,** 621-44.

KARLSSON, S. 1993. The fit of Procera titanium crowns. An in vitro and clinical study. *Acta Odontol Scand,* 51**,** 129-34.

KNOERNSCHILD, K. L. & CAMPBELL, S. D. 2000. Periodontal tissue responses after insertion of artificial crowns and fixed partial dentures. *J Prosthet Dent,* 84**,** 492-8.

KOBAYASHI, K., KUWAJIMA, H. & MASAKI, T. 1981. Phase change and mechanical properties of ZrO 2-Y 2 O 3 solid electrolyte after ageing. *Solid State Ionics,* 3**,** 489-493.

KOHORST, P., BRINKMANN, H., DITTMER, M. P ،.BORCHERS, L. & STIESCH, M. 2010. Influence of the veneering process on the marginal fit of zirconia fixed dental prostheses. *J Oral Rehabil,* 37**,** 283-91.

KOHORST, P., BRINKMANN, H., LI, J., BORCHERS, L. & STIESCH, M. 2009. Marginal accuracy of four-unit zirconia fixed dental prostheses fabricated using different computer-aided design/computer-aided manufacturing systems. *Eur J Oral Sci,* 117**,** 319-25.

KURBAD, A. 2001. Cerec goes inLab--the metamorphosis of the system. *Int J Comput Dent,* 4**,** 125-43.

LARSSON ،C., VULT, V. S. P., SUNZEL, B. & NILNER, K. 2005. All-ceramic two-to five-unit implant-supported reconstructions. A randomized, prospective clinical trial. *Swedish dental journal,* 30**,** 45-53.

LEINFELDER, K. F., ISENBERG, B. P. & ESSIG, M. E. 1989. A new method for generating ceramic restorations: a CAD-CAM system. *J Am Dent Assoc,* 118**,** 703-7.

LIMKANGWALMONGKOL, P., CHICHE, G. J. & BLATZ, M. B. 2007. Precision of fit of two margin designs for metal-ceramic crowns. *J Prosthodont,* 16**,** 233-7.

LIU, P. R. 2005 .A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compend Contin Educ Dent,* 26**,** 507-8, 510, 512 passim; quiz 517, 527.

LOHMANN, C. H., DEAN, D. D., KOSTER, G., CASASOLA, D., BUCHHORN, G. H., FINK, U., SCHWARTZ, Z. & BOYAN, B. D. 2002. Ceramic and PMMA particles differentially affect osteoblast phenotype. *Biomaterials,* 23**,** 1855-63.

LUTHARDT, R. G., HOLZHUTER, M., SANDKUHL, O., HEROLD, V., SCHNAPP, J. D., KUHLISCH, E. & WALTER, M. 2002. Reliability and properties of ground Y-TZP-zirconia ceramics. *J Dent Res,* 81**,** 487-91.

LUTHARDT, R. G., HOLZHUTER, M. S., RUDOLPH, H., HEROLD, V. & WALTER, M. H. 2004. CAD/CAM-machining effects on Y-TZP zirconia. *Dent Mater,* 20**,** 655-62.

LUTHY, H., FILSER, F., LOEFFEL, O., SCHUMACHER, M., GAUCKLER, L. J. & HAMMERLE, C. H. 20 .05Strength and reliability of four-unit all-ceramic posterior bridges. *Dental Materials,* 21**,** 930-937.

MANICONE, P. F., ROSSI IOMMETTI, P. & RAFFAELLI, L. 2007. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent,* 35**,** 819.26-

MCLAREN, E. A. Zirconia-based ceramics: material properties, esthetics, and layering techniques of a new veneering porcelain, VM9.

MCLAREN, E. A. & TERRY, D. A. 2002. CAD/CAM systems, materials, and clinical guidelines for all-ceramic crowns and fixed partial dentures. *Compend Contin Educ Dent,* 23**,** 637-41, 644, 646 passim; quiz 654.

MCLEAN, J. W. 1972. Polycarboxylate cements. Five years' experience in general practice. *Br Dent J,* 132**,** 9-15.

MCLEAN, J. W. & VON FRAUNHOFER, J. A. 1971. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J,* 131**,** 107-11.

MITCHELL, C. A., PINTADO, M. R. & DOUGLAS, W. H. 2001. Nondestructive, in vitro quantification of crown margins. *J Prosthet Dent,* 85**,** 575-84.

MIURA, S., INAGAKI, R., KASAHARA, S & .YODA, M. 2014. Fit of zirconia all-ceramic crowns with different cervical margin designs, before and after porcelain firing and glazing. *Dent Mater J,* 33**,** 484-9.

MIYAZAKI, T., HOTTA, Y., KUNII, J., KURIYAMA, S. & TAMAKI, Y. 2009. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J,* 28**,** 44-56.

MORMANN, W. H. 2006. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc,* 137 Suppl**,** 7S-13S.

MORRIS, H. F. 1992. Department of Veterans Affairs Cooperative Studies Project No. 242. Quantitative and qualitative evaluation of the marginal fit of cast ceramic, porcelain-shoulder, and cast metal full crown margins. Participants of CSP No. 147/242. *J Prosthet Dent,* 67**,** 198-204.

NAKAMURA, T., DEI, N., KOJIMA, T. & WAKABAYASHI, K. 2003. Marginal and internal fit of Cerec 3 CAD/CAM all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont,* 16**,** 244-8.

NEJATIDANESH, F., LOTFI, H. R. & SAVABI, O. 2006. Marginal accuracy of interim restorations fabricated from four interim autopolymerizing resins. *J Prosthet Dent,* 95**,** 364-7.

NORDLANDER, J., WEIR, D., STOFFER, W. & OCHI, S. 1988. The taper of clinical preparations for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent,* 60**,** 148-51.

O'NEAL, S. J., MIRACLE, R. L. & LEINFELDER, K. F. 1993. Evaluating interfacial gaps for esthetic inlays. *J Am Dent Assoc,* 124**,** 48-54.

ODEN, A., ANDERSSON, M., KRYSTEK-ONDRACEK, I. & MAGNUSSON, D. 1998. Five-year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent,* 80**,** 450-6.

OILO, M., GJERDET, N. R. & TVINNEREIM, H. M .2008 .The firing procedure influences properties of a zirconia core ceramic. *Dent Mater,* 24**,** 471-5.

ORUC, S. & TULUNOGLU, Y. 2000. Fit of titanium and a base metal alloy metal-ceramic crown. *J Prosthet Dent,* 83**,** 314-8.

OYAGUE, R. C., SANCHEZ-JORGE, M. I & .SANCHEZ TURRION, A. 2010. Evaluation of fit of zirconia posterior bridge structures constructed with different scanning methods and preparation angles. *Odontology,* 98**,** 170-2.

PAK, H. S., HAN, J. S., LEE, J. B., KIM, S. H. & YANG, J. H. 2010. Influence of porcelain veneering on the marginal fit of Digident and Lava CAD/CAM zirconia ceramic crowns. *J Adv Prosthodont,* 2**,** 33-8.

PERA, P., GILODI, S., BASSI, F. & CAROSSA, S. 1994. In vitro marginal adaptation of alumina porcelain ceramic crowns. *J Prosthet Dent,* 72**,** 585-90.

PICONI, C. & MACCAURO, G. 1999. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials,* 20**,** 1-25.

PILATHADKA, S. & VAHALOVA, D. 2007. Contemporary all-ceramic systems, part-2. *Acta Medica (Hradec Kralove),* 50**,** 105-7.

PITCHER, M. W., USHAKOV, S .V., NAVROTSKY, A., WOODFIELD, B. F., LI, G., BOERIO-GOATES, J. & TISSUE, B. M. 2005. Energy crossovers in nanocrystalline zirconia. *Journal of the American Ceramic Society,* 88**,** 160-167.

POSSELT, A. & KERSCHBAUM, T. 2003. Longevity of 2328 chairside Cerec inlays and onlays. *Int J Comput Dent,* 6**,** 231-48.

PRIEST, G. 2005. Virtual-designed and computer-milled implant abutments. *J Oral Maxillofac Surg,* 63**,** 22-32.

PROBSTER, L. 1996. Four year clinical study of glass-infiltrated, sintered alumina crowns. *J Oral Rehabil,* 23**,** 147-51.

QUINTAS, A. F., OLIVEIRA, F. & BOTTINO, M. A. 2004. Vertical marginal discrepancy of ceramic copings with different ceramic materials, finish lines, and luting agents: an in vitro evaluation. *J Prosthet Dent,* 92**,** 250-7.

RAIGRODSKI, A .J. 2004. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *J Prosthet Dent,* 92**,** 557-62.

RAIGRODSKI, A. J., CHICHE, G. J., POTIKET, N., HOCHSTEDLER, J., MOHAMED, S. E., BILLIOT, S. & MERCANTE, D. E .2006 .The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide–based ceramic fixed partial dental prostheses: A prospective clinical pilot study. *The Journal of prosthetic dentistry,* 96**,** 237-244.

REICH, S., WICHMANN, M., NKENKE, E. & PROESCHEL, P. 2005. Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *Eur J Oral Sci,* 113**,** 174-9.

REKOW, D. 1987. Computer-aided design and manufacturing in dentistry: a review of the state of the art. *J Prosthet Dent*.6-512 ،58 ،

RIMONDINI, L., CERRONI, L., CARRASSI, A. & TORRICELLI, P. 2002. Bacterial colonization of zirconia ceramic surfaces: an in vitro and in vivo study. *Int J Oral Maxillofac Implants,* 17**,** 793-8.

RINKE, S., HULS, A. & JAHN, L. 1995. Marginal accuracy and fracture strength of conventional and copy-milled all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont,* 8**,** 303-10.

SAILER, I., FEHER, A., FILSER, F., GAUCKLER, L. J., LUTHY, H. & HAMMERLE, C. H. 2007a. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont,* 20**,** 383-8.

SAILER, I., PJETURSSON, B. E., ZWAHLEN, M. & HAMMERLE, C. H. 2007b. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: Fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res,* 18 Suppl 3**,** 86-96.

SCARANO, A., PIATTELLI, M., CAPUTI, S., FAVERO, G. A. & PIATTELLI, A. 2004. Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks :an in vivo human study. *J Periodontol,* 75**,** 292-6.

SCHNEIDER, W. 2000. Cerec 3. *Int J Comput Dent,* 3**,** 33-40.

SCOTTI, R., CATAPANO, S. & D'ELIA, A. 1995. A clinical evaluation of In-Ceram crowns. *Int J Prosthodont,* 8**,** 320-3.

SILVA, V. V., LAMEIRAS, F. S & .LOBATO, Z. I. 2002. Biological reactivity of zirconia-hydroxyapatite composites. *J Biomed Mater Res,* 63**,** 583-90.

SJOGREN, G., MOLIN, M. & VAN DIJKEN, J. W. 2004. A 10-year prospective evaluation of CAD/CAM-manufactured (Cerec) ceramic inlays cemented with a chemically cured or dual-cured resin composite. *Int J Prosthodont,* 17**,** 241-6.

SORENSEN, J. A. 1990. A standardized method for determination of crown margin fidelity. *J Prosthet Dent,* 64**,** 18-24.

SORENSEN, J. A., OKAMOTO, S. K., SEGHI, R. R. & YAROVESKY, U. 1992. Marginal fidelity of four methods of swaged metal matrix crown fabrication. *J Prosthet Dent,* 67**,** 162-73.

SUAREZ, M. J., GONZALEZ DE VILLAUMBROSIA, P., PRADIES, G. & LOZANO, J. F. 2003. Comparison of the marginal fit of Procera AllCeram crowns with two finish lines. *Int J Prosthodont,* 16**,** 229-32.

SUNDH, A., MOLIN, M. & SJOGREN, G. 2005. Fracture resistance of yttrium oxide partially-stabilized zirconia all-ceramic bridges after veneering and mechanical fatigue testing. *Dent Mater,* 21**,** 476-82.

SUTTOR, D. 2004. Lava zirconia crowns and bridges. *Int J Comput Dent,* 7**,** 67-76.

SWAB, J. 1991. Low temperature degradation of Y-TZP materials. *Journal of materials science,* 26**,** 6706-6714.

TAO, J. & HAN, D. 2009. The effect of finish line curvature on marginal fit of all-ceramic CAD/CAM crowns and metal-ceramic crowns. *Quintessence Int,* 40**,** 745-52.

THOMPSON, V. P. & REKOW, D. E. 2004. Dental ceramics and the molar crown testing ground. *J Appl Oral Sci,* 12**,** 26-36.

TINSCHERT, J., NATT, G., HASSENPFLUG, S. & SPIEKERMANN, H. 2004. Status of current CAD/CAM technology in dental medicine. *Int J Comput Dent,* 7**,** 25-45.

TORABI, K., VOJDANI, M., GITI, R., TAGHVA, M. & PARDIS, S. 2015. The effect of various veneering techniques on the marginal fit of zirconia copings .*J Adv Prosthodont,* 7**,** 233-9.

VAGKOPOULOU, T., KOUTAYAS, S. O., KOIDIS, P. & STRUB, J. R. 2009. Zirconia in dentistry: Part 1. Discovering the nature of an upcoming bioceramic. *Eur J Esthet Dent,* 4**,** 130-51.

VIGOLO, P. & FONZI, F. 2008. An in vitro evaluation of fit of zirconium-oxide-based ceramic four-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems, before and after porcelain firing cycles and after glaze cycles. *J Prosthodont,* 17**,** 621-6.

VOJDANI, M., SAFARI, A., MOHAGHEGH, M ،.PARDIS, S. & MAHDAVI, F. 2015. The effect of porcelain firing and type of finish line on the marginal fit of zirconia copings. *J Dent (Shiraz),* 16**,** 113-20.

WARASHINA, H., SAKANO, S., KITAMURA, S., YAMAUCHI, K. I., YAMAGUCHI, J., ISHIGURO, N. & HASEGAWA ،Y. 2003. Biological reaction to alumina, zirconia, titanium and polyethylene particles implanted onto murine calvaria. *Biomaterials,* 24**,** 3655-61.

WEAVER, J. D., JOHNSON, G. H. & BALES, D. J. 1991. Marginal adaptation of castable ceramic crowns. *J Prosthet Dent,* 66**,** 747-53.

WEYNS, W. & DE BOEVER, J. 1984. Radiographic assessment of the marginal fit of cast restorations. *J Prosthet Dent,* 51**,** 485-9.

YEO, I. S., YANG, J. H. & LEE, J. B. 2003. In vitro marginal fit of three all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent,* 90**,** 459-64.

ZARONE, F., RUSSO, S. & SORRENTINO, R. 2011. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: clinical and experimental considerations. *Dent Mater,* 27**,** 83-96.

المراجع العربية:

- الشعراني، فندي. التيجان و الجسور. منشورات جامعة دمشق، كلية طب الأسنان،1995: 65-66.

- الشعراني، فندي. التيجان والجسور. منشورات جامعة دمشق،كلية طب الأسنان،السنة الثانية،2012 :65
- المقداد، أحمد. مقارنة الانطباق الحفافي لتيجان الزركونيوم المصنعة بواسطة الكمبيوتر CAD/CAM و المصنعة بآلية النسخ اليدوي (دراسة مخبرية). (ماجستير)،إشراف أ.د عمر العادل، سورية ، جامعة دمشق، 2010، ص 28-51.
- مناديلي، نشأت. مقارنة الانطباق الحفافي لأنواع مختلفة من الخزف الكتفي في الترميمات الخزفية المعدنية (دراسة مخبرية).(ماجستير)، إشراف أ.د فندي الشعراني ، سورية، جامعة دمشق، 2009، ص 44.

الملخص

Abstract

9-1 الملخص باللغة العربيّة:

على الرغم من الاستخدام الواسع للتعويضات الخزفية الكاملة إلا هناك قلة في المعلومات حول تأثير عملية تصنيعها على انطباقها.

هدف البحث: دراسة تأثير عملية خبز الخزف (دورة واحدة، ثلاث دورات، خمس دورات) على الإنطباق الحفافي لتيجان الزيركونيا المصنّعة بتقنية (CAD/CAM).

مواد وطرائق البحث: تألفت عينة البحث من 15 مثالاً معدنياً نحاسياً حضرت بخط إنهاء كتف مدور الزاوية عرضه 1ملم و بزواية التقاء 20°. صنعت قبعات الزيركونيا وفق نظام Amanngirbach بسماكة 0.5 ملم. أُلصقت القبعات باستخدام الإسمنت الزجاجي الشاردي Meron (Voco). تم قياس الانطباق الحفافي قبل تطبيق الخزف المغطي بمجهر ضوئي مزود بمسطرة مجهرية بدقة 10 ميكرون وبتكبير (100×)، وذلك في 50 نقطة عشوائية تتوزع على كامل حواف المثال. طبّق الخزف المغطي، ثم خُبز لجميع القبعات باستخدام فرن خزف (Dentsply,Multimat)، وتم قياس الإنطباق الحفافي بعد (دورة واحدة، ثلاث دورات، خمس دورات).

التحليل الإحصائي: استخدم اختبار T student Independent.

النتائج: سجلت قيم الإنطباق الحفافي في هذه الدراسة: (19.01±33.65) ميكرون لمرحلة ماقبل الخبز، و(20.95±38.01) ميكرون بعد دورة خبز واحدة، و(20.5±46.15) ميكرون بعد ثلاث دورات خبز، و(23.96±44.11) بعد خمس دورات وهي ضمن الحدود المقبولة سريرياً لمقدار الإنفتاح الحفافي. عند مستوى ثقة 95% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في قيم مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) بين المراحل (قبل الخَبز، بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز، بعد خمس دورات). مقدار الفرجة الحفافية (بالميكرون) في كل من المرحلتين (بعد دورة خَبز واحدة، بعد ثلاث دورات خَبز) كانت أكبر منها قبل الخَبز، ومقدار الفرجة الحفافية بعد ثلاث دورات خَبز كانت أكبر منها بعد دورة خَبز واحدة.

الاستنتاجات: إنَّ عملية خبز الخزف المغطي لقبعات الزيركونيا أدت إلى زيادة في الإنفتاح الحفافي ولكنها بقيت ضمن حدود القيم المقبولة سريرياً.

الكلمات المفتاحية: الزيركونيا، الخزف المغطي، الإنطباق الحفافي.

9-2 الملخص باللغة الإنجليزيّة:

Background: Although all-ceramic restorations are broadly used, there is a lack of information concerning how their fit is affected by fabrication procedure.

Aim: To evaluate the marginal fit of crowns fabricated with ZrO2 CAD/CAM, before and after ceramic firing cycles (one cycle, three cycles and five cycles).

Materials and Methods: fifteen metallic models were prepared with 1 mm rounded shoulder and taper of preparation 20°.The zirconia copings were fabricated by Amanngirbach system with thickness 0.5 mm. All copings were cemented with glass ionomer cement (Meron,Voco) on the metallic models. Marginal fit was assessed to measure vertical discrepancy between the coping and metallic model before applying veneering ceramic by direct viewing under optical microscope at a magnification of (×100) , in 50 randomized points .Then the veneering ceramic was applied and all copings were fired by furnace (Dentsply, Multimat). The marginal fit was measured for all copings after (1, 3, 5) firings cycles.

Statistical Analysis: Data were analyzed by T-student independent test.

Results: The pre-veneering measurement of the mean marginal gap was (33.95±19.01)μ ,after one firing cycle (38.01±20.95)μ and after three firing cycles (46.15±20.5)μ and after five cycles(44.11±23.96) all results were in the clinical acceptable range for marginal gap. At 95% confidence there is a significant difference in values of marginal fit between intervals (pre –veneering, one cycle, three cycles and five cycles). The value of marginal fit in (after one cycle, three cycles and five cycles) was greater than pre –veneering. The value of marginal fit after three cycles was greater than after one cycle

Conclusion: After veneering porcelain on zirconia copings the Marginal gap was increased, however they were all in acceptable clinically range.

Key words: Zirconia, veneering ceramic, marginal fit.