

Die: Between Conventional And Digital Techniques An in vitro comparative study

Dr. Nasser Baherli*
Muhammad Marwan chammout**

(Received 8 / 12 / 2019. Accepted 3 / 2 / 2020)

□ ABSTRACT □

There are currently many materials that can be used in the manufacture of Models and Dies which are satisfactory in terms of possessing the desired features with some bad properties for each. In order to overcome these bad properties and get accurate work Models and Dies without distortions, we must have a precise impression material and use materials to make Models and Dies are stable, so many digital impression and 3D printing techniques have been developed to manufacture the Dies based on them. It has not been studied and compared with existing materials.

This study was conducted to compare many materials and conventional and digital methods in the manufacture of the Dies to reach the best and most accurate way in the context of the manufacture of fixed prosthodontics that is accurate, fit and durable.

The first lower right molar [Frazaco] was prepared to receive a full ceramic crown. Two impression techniques were used, one using conventional plastic and metal trays, condensation silicone impression and the other using digital scanner by Smart Optics.

We used five different methods in the manufacture of Models and Dies, including four traditional depending on the gypsum stone Model IV and also on epoxy resin with or without air vacuum. The fifth method used is based on digital techniques.

After the completion of the Models and Dies, the process of measuring the three dimensions [length, width and height] of the Dies began based on the Exocad dental program used in CAD [computer assisted design].

Within the limits of this in – vitro study, the following conclusions were drawn:

There are no significant statistical differences regarding Dies made from digital impression with 3D printing when compared with the main Die in terms of the three dimensions studied. While the Dies made of gypsum stone Model IV from conventional impression using a plastic trays without air vacuum showed significant statistical differences.

Dies made of gypsum stone Model IV from conventional impression using a metal trays with or without air vacuum have shown expansion slightly. The epoxy resin Dies from conventional impression using a metal tray with vacuum showed minimal contraction.

Keywords: DIE Conventional impression, Digital impression, 3D Printing, Epoxy Resin, Gypsum Stone Model IV

* Associate Professor , Department of Fixed Prosthodontics , Faculty of Dentistry , Tishreen University, Lattakia , Syria.

** Postgraduate Student , Department of Fixed Prosthodontics , Faculty of Dentistry , Tishreen University , Lattakia , Syria.

النموذج الإفرادي: ما بين التقنيات التقليدية والرقمية دراسة مخبرية مقارنة

د.ناصر بهرلي*

محمد مروان شموط**

(تاريخ الإيداع 8 / 12 / 2019. قَبْلُ للنشر في 3 / 2 / 2020)

□ ملخص □

تتوافر حالياً العديد من المواد يمكن استخدامها في تصنيع الأمثلة و النماذج الإفرادية، والتي تعتبر مرضية من حيث امتلاكها للميزات المرغوبة، مع وجود بعض الخواص السيئة لكل منها. و لتجاوز هذه الخواص السيئة والحصول على أمثلة عمل و نماذج إفرادية دقيقة بدون تشوهات، يجب أن نمتلك مادة طباعة دقيقة ونستخدم مواد لصناعة الأمثلة و النماذج الإفرادية تكون مستقرة، لذلك تم تطوير العديد من تقنيات الطباعات الرقمية و الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصنيع النموذج الإفرادي اعتماداً عليها، و لكن لم تتم دراستها و مقارنتها مع المواد الموجودة حالياً.

أجريت هذه الدراسة لمقارنة العديد من المواد و الطرق التقليدية و الرقمية في تصنيع النموذج الإفرادي، للوصول إلى الطريقة الأفضل و الأكثر دقة في سياق تصنيع تعويضات ثابتة تتمتع بالدقة و الانطباع و الديمومة.

تم تحضير رحي أولى سفلية يمني [سن فرازاكو] و ذلك لاستقبال تاج خزفي كامل. تم استخدام تقنيتين لأخذ الطبعة واحدة تقليدية باستخدام الطوابع البلاستيكية و المعدنية و المطاط السيليكوني الكثيفي، و أخرى رقمية باستخدام الماسح الخاص بشركة Smart Optics.

قمنا باستخدام خمس طرائق مختلفة في تصنيع الأمثلة و النماذج الإفرادية، أربع منها تقليدية اعتماداً على الجبس الحجري من النموذج الرابع و كذلك على راتنج الإيبوكسي مع أو بدون تخلية هوائية، أما الطريقة الخامسة المستخدمة فهي تعتمد على التقنيات الرقمية [طبعة + طباعة ثلاثية الأبعاد].

بعد الانتهاء من تصنيع مثال العمل، بدأت عملية القياس للأبعاد الثلاثة [الطول و العرض و الارتفاع] للنموذج الإفرادي، اعتماداً على برنامج Exocad dental المستخدم في عمليات التصميم بمساعدة الكمبيوتر CAD.

ضمن حدود هذه الدراسة في المختبر تم استخلاص النتائج التالية:

عدم وجود فوارق إحصائية هامة بما يخص النماذج المصنوعة انطلاقاً من الطبعة الرقمية مع الطباعة ثلاثية الأبعاد عند المقارنة مع النموذج الإفرادي الرئيسي؛ من حيث الأبعاد الثلاثة المدروسة. بينما أظهرت النماذج المصنوعة من الجبس الحجري انطلاقاً من طبعة تقليدية باستخدام طابع بلاستيكي بدون تخلية هوائية فوارق إحصائية هامة.

أبدت النماذج المصنوعة من الجبس الحجري النموذج الرابع انطلاقاً من طبعة تقليدية باستخدام طابع معدني مع أو بدون تخلية هوائية تمدهاً ضئيلاً. بينما أظهرت النماذج المصنوعة من راتنج الإيبوكسي انطلاقاً من طبعة تقليدية باستخدام طابع معدني مع تخلية هوائية تقلصاً ضئيلاً.

الكلمات المفتاحية: النموذج الإفرادي، الطبعة التقليدية، الطبعة الرقمية، الطباعة ثلاثية الأبعاد، راتنج الإيبوكسي،

أستاذ مساعد - قسم التعويضات الثابتة - كلية طب الأسنان - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

**طالب دراسات عليا [دكتوراة] - قسم التعويضات الثابتة - كلية طب الأسنان - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

لا يمكن الحصول على مثال أو نموذج إفرادي (توأم) جيد ومقبول، إلا ابتداءً من طبعة صحيحة و محققة لشروط عديدة من دقة للتسجيل و ثبات الأبعاد و وضوح الحدود العنقية و شمولها لمجاورات السن المحضر [1].

يمكن أخذ الطبعة في طب الأسنان، إما باستخدام الطابع البلاستيكية أو المعدنية مع المواد الطابعة المختلفة و هي ما تسمى بالطريقة التقليدية، أو تؤخذ الطبعة باستخدام الماسح داخل الفموي أي بالطريقة الرقمية.

يقصد بكلمة بالمثل (Model) في طب الأسنان، النموذج المماثل للواقع الفموي لدى المريض بأقل تغييرات ممكنة. أما النموذج الوحيد الإفرادي (Die)، فهو عبارة عن السن المحضرة بشكل مفرد دون قاعدة جبسية. يفيد هذا النموذج، في توضيح حواف التحضير و ضبط الحدود العنقية للتشميع و المعدن و تسهيل الانتهاء و عملية بناء الخزف [2].

يجب أن تعيد الأمثلة الرئيسية التي ستصنع عليها التعويضات الثابتة، إنتاج الدعامة سواء كان الأمر يتضمن وحدة منفردة أو وحدات متعددة خلال إعادة تأهيل القوس السنية كاملة [3-4].

إن أحد المصادر المحتملة للخطأ في تصنيع التعويض الثابت بطريقة الشمع المفقود، هو المادة المستخدمة في تصنيع النموذج الإفرادي. هناك العديد من المواد المتاحة حالياً، إلا أن أيًا منها لا يفي بجميع الصفات المرغوبة لنظام النموذج الإفرادي [5].

يجب أن تتمتع المواد المستخدمة في صناعة الأمثلة في طب الأسنان بالموصفات التالية: الدقة في الأبعاد، إعادة إنتاج التفاصيل الدقيقة، مقاومة الاحتكاك، قساوة السطح، سهولة وفعالية التعامل معها، التوافق مع مواد الطباعات، عدم السمية و المقاومة العرضية (الالتواء transverse strength) [6-7].

يعتبر الجبس الحجري المحسن (gypsum) و الراتنج الإيبوكسي (epoxy resin)، من المواد الأكثر شيوعاً في طب الأسنان لتصنيع الأمثلة الرئيسية للتعويضات الثابتة، على الرغم من استخدام منتجات أخرى في تصنيع النماذج الإفرادية مثل: الجبس المدعم بالراتنج و راتنج البولي أوريثان و النماذج المطلية كهربائياً بالنحاس و الفضة (Electroplated Dies). و تعتبر منتجات الجبس الحجري من النوع IV ذات القوة العالية و التمدد المحدود والتي تفي بالموصفة رقم 25 لجمعية طب الأسنان الأمريكية، أكثر مواد الجبس الحجري المحسن استخداماً في صنع النماذج الإفرادية [8].

أما النماذج الأكثر حداثة، فهي تلك المصنوعة من الراتنج باستخدام التقنيات الرقمية (الماسح داخل الفموي و الطباعة ثلاثية الأبعاد)، و نتيجة حداثةا فهي غير مدروسة سابقاً حسب علمنا.

وعلى الرغم من سهولة استخدام المواد المعتمدة على الجبس و نتائجها الثابتة، فهي ضعيفة المقاومة ضد السحل ولا تملك مقاومة كافية لقوى الشد، فضلاً عن التغير المحتمل في قدرتها على إعادة إنتاج التفاصيل الدقيقة و تمدد تصلبي بين 0.01 و 0.1% [5].

غالباً ما تتعارض المقاومة الضعيفة للانكسار و ثبات الأبعاد المفضل في الأمثلة الجبسية، مع خواص ميكانيكية أفضل لكن مع تغييرات أكبر في الأبعاد للأمثلة المصنوعة من الراتنجيات [9-10].

اهمية البحث واهدافه:

تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة دقة الأبعاد الخطية للنماذج الإفرادية المصنعة من الجبس الحجري المحسن من النموذج الرابع، و راتنج الإيبوكسي باستخدام تقنية الطبعة التقليدية، و النماذج الإفرادية المصنعة من راتنج الإيبوكسي باستخدام تقنية الطبعة الرقمية و الطباعة ثلاثية الأبعاد، للوصول إلى الطريقة الأفضل و الأكثر دقة لإنتاج النماذج الإفرادية عند تصنيع التعويضات الثابتة.

طرائق البحث ومواده:

تم تحضير رحي أولى سفلية اليمنى (سن فرازاكو: نسخة طبق الأصل عن السن الطبيعية)، مصنوعة من الإكريل وذلك لاستقبال تاج خزفي كامل.

استخدمت قبضة مكروموتور لتحضير السن بسرعة متوسطة تتراوح بين 25000 و 35000 دورة في الدقيقة، و ذلك اعتماداً على إجراءات تحضير السن المعيارية.

حضر السن بخط إنهاء شبه كتف (CHAMFER)، باستخدام سنبله ماسية مخروطية مدورة الرأس وفقاً لما يلي:

- 1- تحضير السطوح المحورية بإنقاص سماكة قدرها 1.5 ملم من كامل محيط السن.
- 2- بعدها قمنا بإنقاص سماكة قدرها 2 ملم من السطح الإطباق للسن باستخدام سنبله لهب الشمعة.
- 3- تم بعد ذلك تدوير جميع الزوايا النقطية و الخطية.
- 4- تراوحت زاوية التقارب للسن المحضر بين 5 -10 درجات.
- 5- توضع خط الانهاء على خط اللثة تماماً.



الشكل رقم (1): السنابل المستخدمة في عملية التحضير الشكل رقم (2): منظر طاحن للسن المحضرة

تم استخدام تقنيتين لأخذ الطبعة، واحدة تقليدية باستخدام المطاط السيليكوني التكتيفي، و أخرى رقمية باستخدام الماسح الخاص بشركة (Smart Optics).

وفق ما يلي:

التقنية التقليدية لأخذ الطبعة:

تم أخذ الطبعة باستخدام طوابع بلاستيكية و أخرى معدنية، هي نسخة طبق الأصل عن تلك الطوابع البلاستيكية المستخدمة في هذا البحث، حيث تم تصنيعها بتقنية الصب بالألمنيوم في المنطقة الصناعية باللاذقية.

قمنا باختبار الطوابع بحيث تكون ذات قياس مناسب، و بحيث تترك فراغاً ملائماً يتراوح بين 2 و 3 ملم حول السن المحضر. بعدها تم تصنيع هيكل معدني يحيط بفرازاكو الفك السفلي، مع عمل صادمة معدنية تمنع اندفاع الطابع نحو الأسفل بأكثر من المطلوب، و بحيث يأخذ هذا الطابع المستخدم الموضع نفسه للحصول على ثخانة متساوية مقبولة للمادة الطابعة عند تكرار عملية أخذ الطبعة.



الشكل رقم (3): الهيكل المعدني مع الصادمة الموصوفة سابقاً

تم استخدام مطاط سيليكوني تكتيفي من شركة Zhermack الإيطالية، حيث تم الالتزام بتعليمات الشركة الصانعة بدقة عند استخدام هذا المطاط لأخذ الطبعة. تم مزج الأساس و المسرع للطبعة الأولى (المطاط القاسي)، و بعدها وضع الطابع في مكانه الصحيح فوق أسنان الفك السفلي حيث استقر الطابع فوق الصادمة مع استمرار الضغط الإصبعي حتى تمام التصلب لمدة 10 دقائق؛ ثم قمنا بنزع الطابع من مكانه بعد تصلب المطاط القاسي. تم بعدها مزج أساس و مسرع الطبعة الثانية [المطاط الرخو]، و وضع هذا المطاط ضمن طبعة المطاط القاسي مع حقن كمية من هذا المطاط الرخو عند حواف السن المحضر، و أعدنا وضع الطابع في مكانه الصحيح السابق فوق أسنان الفك السفلي، نستمر بالضغط الإصبعي حتى تمام التصلب، و من ثم ينزع الطابع من مكانه، و التأكد من وضوح حواف الطبعة باستخدام مكبرة.



الشكل رقم (4): التقنية التقليدية لأخذ الطبعة

تمت معالجة الطبعة التقليدية باستخدام عامل إنقاص التوتر السطحي، و ذلك بعد 24 ساعة من إنجاز الطبعة، و قمنا بإزالة الزوائد من عامل التوتر السطحي باستخدام تيار لطيف من الهواء. قمنا باستخدام جبس حجري محسن من النمط الرابع (ston) من إنتاج شركة (DK MUNGYO) الكورية و ذلك لتصنيع الأمثلة الجبسية، و تم احترام تعليمات الشركة الصانعة بما يتعلق نسبة المسحوق إلى الماء و طريقة المزج و الاستخدام.

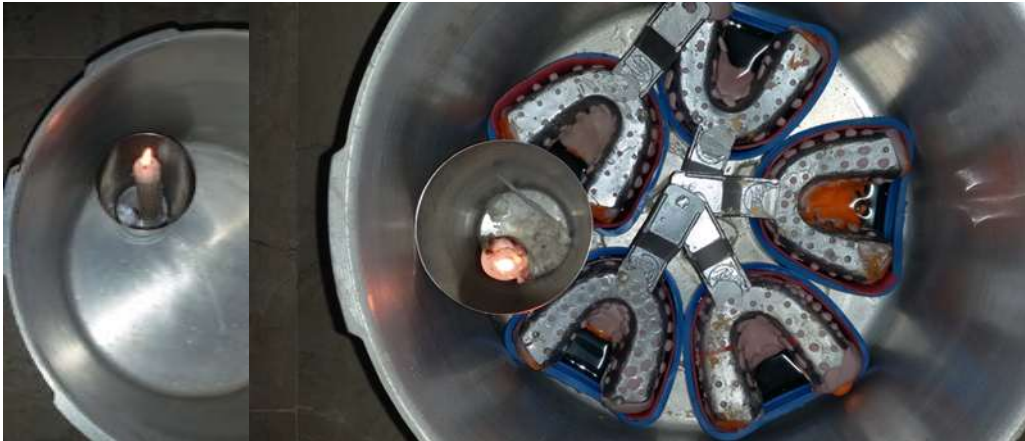
تم المزج بشكل يدوي حتى تمام اندماج المسحوق مع الماء، و من ثم وضعنا وعاء المزج على الهزاز، و بعدها تم صب الجبس الحجري ضمن الطبعة باستخدام الملوقة و الهزاز. نزعنا الأمتلة الجبسية بعد 72 ساعة من عملية صب الطبعة.

تم تكرار أخذ الطبعة بهذه الطريقة 40 مرة وفق ما يلي:

- 1- عشر طبقات بطابع بلاستيكي مع جبس حجري.
- 2- عشر طبقات بطابع معدني مع جبس حجري.
- 3- عشر طبقات بطابع معدني مع جبس حجري مع التخلية الهوائية.
- 4- عشر طبقات بطابع معدني مع الراتنج و التخلية الهوائية.

عملية التخلية الهوائية:

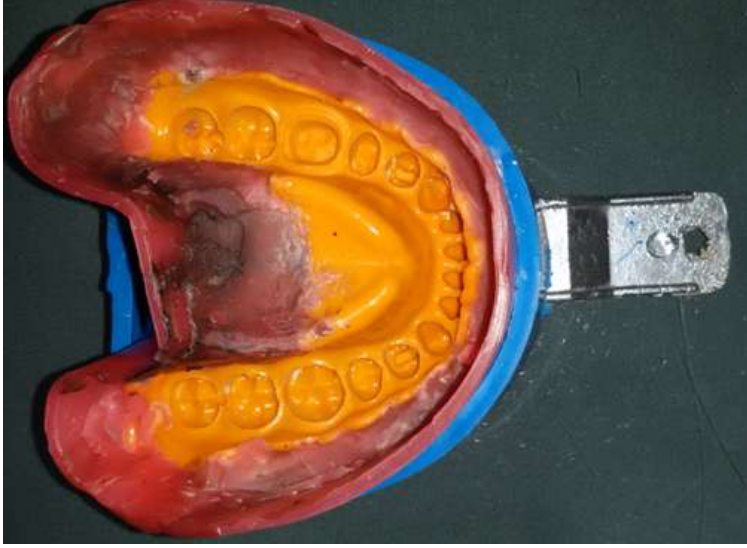
تمت هذه العملية باستخدام طنجرة الضغط المنزلية محكمة الإغلاق، حيث وضعت الطوابع البلاستيكية و المعدنية ضمن هذه الطنجرة بعد صب الطبقات بالجبس الحجري، و من ثم وضعنا شمعة مشتعلة و أغلقت هذه الطنجرة بإحكام. قمنا بفتح الطنجرة بعد 72 ساعة من عملية صب الجبس و إغلاق الطنجرة، حيث تمت عملية نزع الأمتلة الجبسية.



الشكل رقم (5): عملية التخلية الهوائية

استخدام الراتنج في صب الطبقات التقليدية:

قبل صب الطبقات المطاطية باستخدام الراتنج جرى تليبيها باستخدام الشمع الأحمر، و بعدها صببت هذه الطبقات بالراتنج (Keystone Dental For Making Cast, Dies, Tri-Epoxy Bulk Die Material) بنسبة مزج مسرع إلى أساس 50/1. ثم وضعت هذه الطوابع في طنجرة الضغط تحت ظروف التخلية الهوائية المذكورة سابقاً. و كما تعاملنا مع الجبس الحجري نترك الطوابع ضمن الطنجرة لمدة 72 ساعة بعد صبها لنقوم بنزع الأمتلة المصنوعة من الراتنج بعدها.



الشكل رقم (6): تعليب الطبعة

2- الطبقات الرقمية:

تم أخذ عشر طبقات رقمية باستخدام ماسح (Scan Box) لشركة (Smart Optics).



الشكل رقم (7): ماسح Scan Box لشركة Smart Optics و بداخله مثال العمل

يتميز هذا الماسح بكاميرا 1,3 ميغا بيكسيل و دقتها تصل إلى 6 ميكرون و آلية عمل المجس (سنسور) هي: (stripe light triangulation with white – light led).

تم رش مثال العمل بمادة (laser scanning spray helling 3D).

تم تحويل هذه الطبقات الرقمية إلى أمثلة مصنوعة من الراتنج باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد (flashforge–hunter– 3D printer).



الشكل رقم (8): مثال مصنوع من الراتنج باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد



الشكل (9): ميزات الطباعة ثلاثية الأبعاد flashforge-hunter- 3D printer

و نورد فيما يلي جدولاً بالمواد المستخدمة في هذا البحث:

جدول رقم (1): المواد المستخدمة في هذا البحث

الشركة الصانعة	المادة المستخدمة في البحث
شركة Zhermack الإيطالية	مطاط سيليكوني تكتيفي كثيف و منخفض اللزوجة
شركة (DK MUNGYO) الكورية	جبس حجري محسن من النمط الرابع (ston)
Keystone Dental For Making Cast, Dies, Tri-Epoxy Bulk Die Material	الريزين (الراتنج)
NextDent Model For 3D PRINTING	الراتنج الخاص بالاستخدام في تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد

بعد الانتهاء من تصنيع مثال العمل، بدأت عملية القياس اعتماداً على برنامج Exocad dental المستخدم في عمليات التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) على النحو التالي:

البعد الأول (L) (الطول): يمتد هذا البعد بين أخفض نقطتين على الارتفاعين الحفائين الأنسي والوحيشي.

البعد الثاني (W) (العرض): يمتد هذا البعد بين أخفض نقطتين على الارتفاعين الحفائين الدهليزي واللساني.

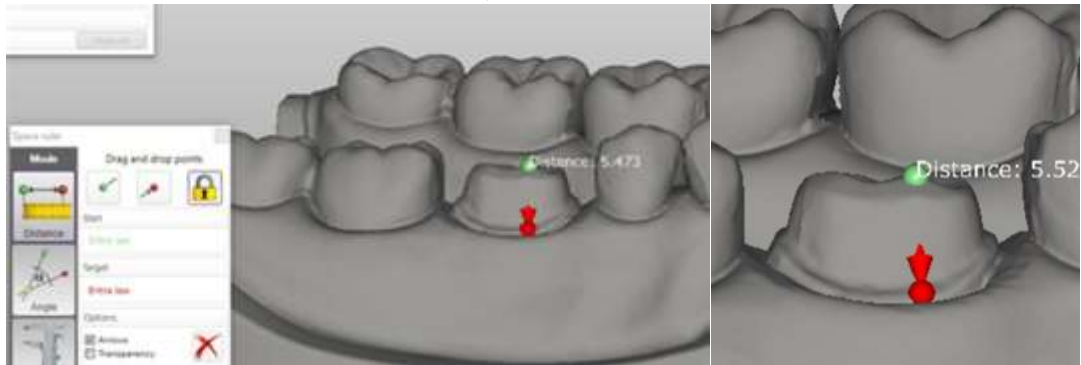
البعد الثالث (H) (الارتفاع): يمتد هذا البعد بين ذروة الحدبة الأنسية الدهليزية و بشكل عمودي باتجاه الحافة الخارجية لخط الانتهاء.



الشكل رقم (10): البعد الأول (الطول) (L)



الشكل رقم (11): البعد الثاني (العرض) (W)



الشكل رقم (12): البعد الثالث (الارتفاع) (H)

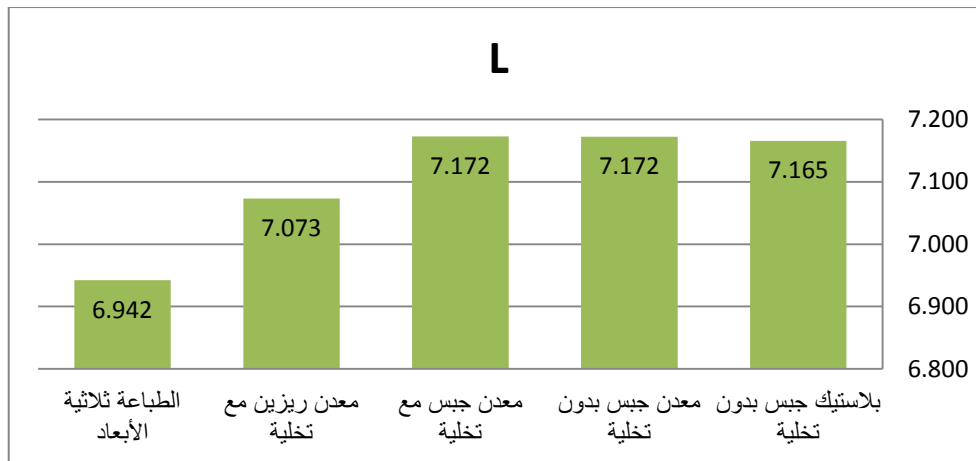
النتائج والمناقشة:

النتائج:

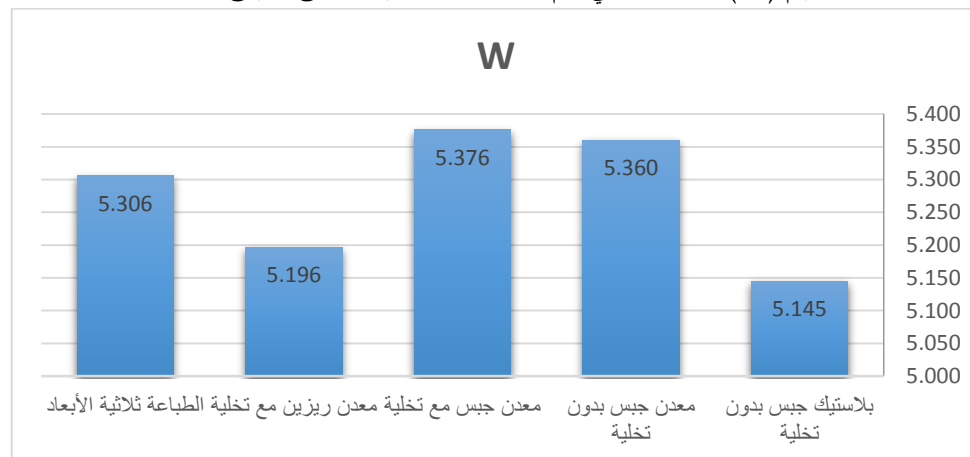
تم حساب كل من المتغيرات الثلاثة [L-W-H] للنموذج الإفرادي، الذي تم الحصول عليه بعد إنجاز مثال العمل اعتماداً على خمس طرائق مختلفة في أخذ الطبعة و المادة المستخدمة في صنع المثال؛ حيث تم تكرار العمل عشر مرات لكل طريقة. وفيما يلي المتوسطات الحسابية لكل طريقة مستخدمة و لكل متغير من المتغيرات الثلاثة:

جدول (2): يمثل المتوسطات الحسابية للمتغيرات [L-W-H] وفق الطرائق المستخدمة

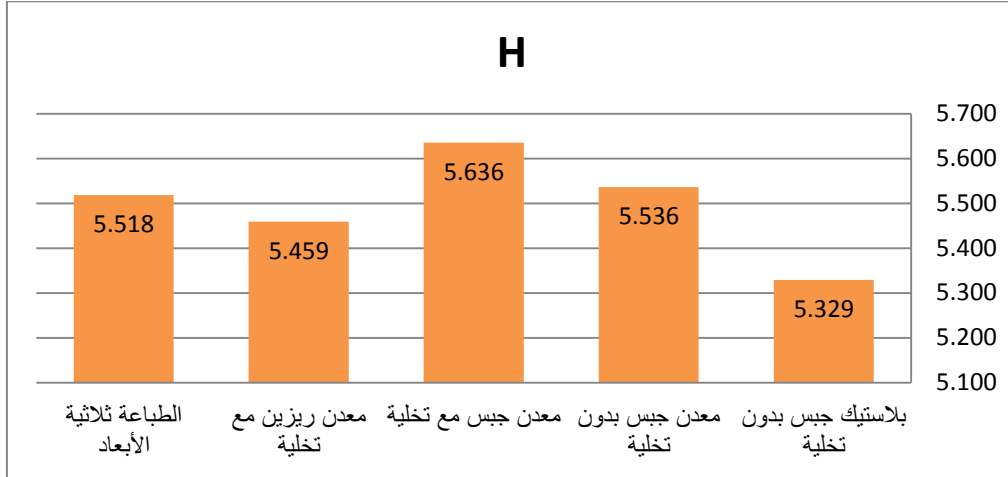
H	W	L	الطريقة المستخدمة
5.329	5.145	7.165	بلاستيك جيس بدون تخلية
5.536	5.360	7.172	معدن جيس بدون تخلية
5.636	5.376	7.172	معدن جيس مع تخلية
5.459	5.196	7.073	معدن ريزين مع تخلية
5.518	5.306	6.942	الطباعة ثلاثية الأبعاد



الشكل رقم (13): التمثيل البياني لقيم المتوسطات للمتغير [L] وفق الطرائق المستخدمة



الشكل رقم (14): التمثيل البياني لقيم المتوسطات [W] وفق الطرائق المستخدمة



الشكل رقم [15]: التمثيل البياني لقيم المتوسطات للمتغير [H] وفق الطرائق المستخدمة

النتائج الإحصائية:

أولاً: متغير الطول L:

لدراسة فيما إذا كان هناك فرق دال إحصائياً بين قيمة L في النموذج الإفرادي الرئيسي والتي تساوي [7.201] مع قيم متوسطات L في الطرائق المستخدمة؛ تم استخدام اختبار t-test للعينة الواحدة ويمثل الجدول التالي نتيجة هذا الاختبار.

جدول رقم (3): نتيجة اختبار t-test للعينة الواحدة بالنسبة لمتغير الطول [L] وفق الطرائق المستخدمة

قيمة L=7.201 في النموذج الإفرادي الرئيسي				
الطريقة	المتوسط	t	مستوى الدلالة	النتيجة
طبعة تقليدية بطابع بلاستيكي - جيس حجري بدون تخلية هوائية	7.165	-5.287	0.001	يوجد فرق
طبعة تقليدية بطابع معدني - جيس حجري بدون تخلية هوائية	7.172	-5.194	0.001	يوجد فرق
طبعة تقليدية بطابع معدني - جيس حجري مع تخلية هوائية	7.172	-4.381	0.002	يوجد فرق
طبعة تقليدية بطابع معدني - ريزين مع تخلية هوائية	7.073	-4.907	0.001	يوجد فرق
الطبعة الرقمية مع الطباعة ثلاثية الأبعاد	6.942	-1.171	0.272	لا يوجد فرق

نلاحظ أن مستوى الدلالة كان اصغر من 0.05 عند كافة الطرائق ما عدا الطباعة ثلاثية الأبعاد فقد كان أكبر حيث بلغت قيمته [0.272]؛ وبالتالي يوجد فرق بين متوسط قيمة L في النموذج الإفرادي الرئيسي ومتوسط قيمة L المحسوبة من قيمة التجربة في كافة الطرائق، ما عدا في الطريقة الثلاثية الأبعاد لا يوجد فرق بين المتوسطين

ثانياً: متغير العرض W:

لدراسة فيما إذا كان هناك فرق دال إحصائياً بين قيمة W في النموذج الإفرادي الرئيسي والتي تساوي [5.205] مع قيم متوسطات W في الطرائق المستخدمة؛ تم استخدام اختبار t-test للعينة الواحدة ويمثل الجدول التالي نتيجة هذا الاختبار .

جدول رقم (4): نتيجة اختبار t-test للعينة الواحدة بالنسبة لمتغير الطول [w] وفق الطرائق المستخدمة

قيمة $w=5.205$ في النموذج الإفرادي الرئيسي				
الطريقة	المتوسط	t	مستوى الدلالة	النتيجة
طبعة تقليدية بطابع بلاستيكي - جبس حجري بدون تخلية هوائية	5.145	-11.596	0.000	يوجد فرق
طبعة تقليدية بطابع معدني - جبس حجري بدون تخلية هوائية	5.360	0.762	0.465	لا يوجد فرق
طبعة تقليدية بطابع معدني - جبس حجري مع تخلية هوائية	5.376	0.846	0.419	لا يوجد فرق
طبعة تقليدية بطابع معدني - ريزين مع تخلية هوائية	5.196	-0.039	0.970	لا يوجد فرق
الطبعة الرقمية مع الطباعة ثلاثية الأبعاد	5.306	0.478	0.644	لا يوجد فرق

نلاحظ أن مستوى الدلالة كان اصغر من 0.05 عند طريقة [طبعة تقليدية بطابع بلاستيكي - جبس حجري بدون تخلية هوائية]؛ وبالتالي يوجد فرق بين متوسط هذه الطريقة ومتوسط النموذج الإفرادي. في حين كانت قيمة مستوى الدلالة أكبر من 0.05 عند بقية الطرائق، وبالتالي لا يوجد فرق بين متوسطات قيم W لهذه الطرائق ومتوسط قيمة النموذج الإفرادي.

ثالثاً: متغير الإرتفاع H:

لدراسة فيما إذا كان هناك فرق دال إحصائياً بين قيمة H في النموذج الإفرادي الرئيسي والتي تساوي [5.525] مع قيم متوسطات H في الطرائق المستخدمة؛ تم استخدام اختبار t-test للعينة الواحدة ويمثل الجدول التالي نتيجة هذا الاختبار .

جدول رقم (5): نتيجة اختبار t-test للعينة الواحدة بالنسبة لمتغير الطول [L] وفق الطرائق المستخدمة

قيمة $H=5.525$ في النموذج الإفرادي الرئيسي				
الطريقة	المتوسط	T	مستوى الدلالة	النتيجة
طبعة تقليدية بطابع بلاستيكي - جبس حجري بدون تخلية هوائية	5.329	-12.439	0.000	يوجد فرق
طبعة تقليدية بطابع معدني - جبس حجري بدون تخلية هوائية	5.536	0.060	0.953	لا يوجد فرق
طبعة تقليدية بطابع معدني - جبس حجري مع تخلية هوائية	5.636	0.640	0.538	لا يوجد فرق
طبعة تقليدية بطابع معدني - ريزين مع تخلية هوائية	5.459	-0.334	0.746	لا يوجد فرق
الطبعة الرقمية مع الطباعة ثلاثية الأبعاد	5.518	-0.030	0.976	لا يوجد فرق

نلاحظ أن قيم مستوى الدلالة كان اصغر من 0.05 عند طريقة [طبعة تقليدية بطابع بلاستيكي - جبس حجري بدون تخلية هوائية]، وبالتالي يوجد فرق بين متوسط هذه الطريقة ومتوسط النموذج الافرادى. في حين كانت قيمة مستوى الدلالة أكبر من 0.05 عند بقية الطرائق، وبالتالي لا يوجد فرق بين متوسطات H لهذه الطرائق ومتوسط قيمة النموذج الإفرادى.

المناقشة:

يعتبر عدم اتباع المبادئ الأساسية عند استخدام مواد الطبع و صنع الأمثلة و النماذج الإفرادية، أحد أهم أسباب الفشل في الوصول إلى تعويضات ناجحة بجميع معايير تقييم النجاح السريري. لذلك تم التعامل مع جميع المواد المستخدمة في هذه الدراسة اعتماداً على النسب المنصوح بها من قبل المصنعين لتقليل التشوهات، حيث أن النسبة المثالية للماء إلى المسحوق بالنسبة للجبس، يعتبر مثلاً أمراً حاسماً بما يتعلق باستقرار الأبعاد والحفاظ على الخواص الميكانيكية، كذلك الأمر بما يتعلق باستقرار المنتج [11]. و كذا الأمر بما يتعلق بالراتنج من حيث نسبة الأساس إلى المرع [12]. تمت محاولة السيطرة على مصادر الخطأ في هذا البحث، من خلال إجراء جميع القياسات من قبل نفس الشخص، و إجراء التجربة بدرجة حرارة و رطوبة الغرفة المضبوطة نسبياً.

لتجنب أي تأثير لتقنية الطبعة، تم اختيار بولي فينيل سيلوكسان لكونه يتوافق مع جميع المواد المستخدمة لصنع النموذج الإفرادى في هذه الدراسة. حيث أشارت دراسات سابقة إلى توافق بولي فينيل سيلوكسان مع الجبس الحجري المحسن النموذج الرابع [13 - 14]. وأشارت دراسة أخرى إلى أن التوافق بين راتنج الإيبوكسي والبولي فينيل سيلوكسان كان ممتازاً [6].

يمكن أن تؤدي ثخانة المادة الطابعة إلى تشوه في الطبعة [15 - 16]، لذلك قمنا بتصنيع الصادمة المعدنية لمنع اندفاع الطابع نحو الأسفل بأكثر من المطلوب، وبعيـث يأخذ هذا الطابع المستخدم الموضع نفسه للحصول على ثخانة متساوية مقبولة للمادة الطابعة عند تكرار عملية أخذ الطبعة.

اعتماداً على المواصفة (25) الخاصة بالجمعية الأمريكية لطب الأسنان [17] لتقييم تغيرات الأبعاد للمواد المستخدمة في صب الأمثلة السنية؛ فإن الطريقة الأكثر استخداماً للتقييم، هي قياس الفراغ بين خطين محتويين في المثال الرئيسي. تم اتباع هذه الطريقة في هذه الدراسة وفي دراسات أخرى [18].

بالرجوع إلى الدراسة الإحصائية، نلاحظ وجود فوارق إحصائية هامة بما يخص النماذج المصنوعة من الجبس الحجري انطلاقاً من طبعة تقليدية باستخدام طابع بلاستيكي بدون تخلية هوائية عند المقارنة مع النموذج الإفرادى الرئيسي من حيث الأبعاد الثلاثة المدروسة [الطول و العرض و الارتفاع]؛ مما يجعلنا نؤكد على ضرورة استخدام الطابع المعدنية في أخذ الطبعة، كخطوة أولى و أساسية في تأمين الدقة في الأبعاد في المراحل التالية و الوصول إلى تعويض نهائي مرضي من ناحية الانطباق الحفافي و الداخلي .

على العكس من ذلك، لاحظنا عدم وجود فوارق إحصائية هامة بما يخص النماذج المصنوعة انطلاقاً من الطبعة الرقمية مع الطباعة ثلاثية الأبعاد، عند المقارنة مع النموذج الإفرادى الرئيسي من حيث الأبعاد الثلاثة المدروسة [الطول و العرض و الارتفاع]. يبدو أن إلغاء المراحل التقليدية في أخذ الطبعة و تصنيع المثال و النموذج الإفرادى وإلغاء التأثيرات الجانبية السيئة للمواد المستخدمة في هذه العملية [المواد الطابعة و مواد تصنيع المثال و النموذج]؛ بالإضافة إلى التخلص من تأثير العامل الشخصي و البشري لفني الأسنان، يعتبر من العوامل الهامة جداً في تفوق النموذج الإفرادى المصنوع اعتماداً على التقنيات الرقمية والطباعة ثلاثية الأبعاد. من سيئات الطباعة ثلاثية الأبعاد،

صعوبة تنظيف الريزين الخاص بها حيث تتم عملية التنظيف باستخدام نوع خاص من الكحول (الكحول الإيزوبروبيلي C₃H₈O)، بالإضافة للزمن اللازم لانتهاؤها من إنجاز مثال العمل والتكلفة. كما تمت ملاحظة عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بما يخص النماذج المصنوعة من الجبس الحجري، انطلاقاً من طبعة تقليدية باستخدام طابع معدني مع أو بدون تخلية هوائية، و أيضاً النماذج المصنوعة من راتنج الإيبوكسي مع طبعة تقليدية بطابع معدني و تخلية هوائية، في كل من بعدي العرض و الارتفاع، بينما كان هناك فارق إحصائي هام بما يخص بعد الطول، و قد يعزى ذلك إلى أنه عند المقارنة بين الأبعاد المختلفة يكون البعد الأطول معرضاً لتغير الأبعاد بشكل أكبر .

في هذه الدراسة أظهرت نماذج راتنج الإيبوكسي تقلصاً طفيفاً مقارنةً مع أبعاد النموذج الإفرادي الرئيسي. يمكن شرح ذلك اعتماداً على الحقيقة القائلة بأن راتنج الإيبوكسي يُظهر تقلصاً أثناء البلمرة، حيث تتركب هذه المادة من مونوميرات [المونومير : وحيد التماثر ، جزيء يمكن أن يتحد مع غيره لتشكيل بوليمر] نشطة يمكن أن ترتبط مع بعضها بواسطة قوى فاندرفالس؛ يكون متوسط المسافة بين المونوميرات في تلك اللحظة 4 أنغستروم مما ينتج طاقة محتملة أصغر. على كل حال، ترتبط المونوميرات بعد البلمرة بواسطة (covalent bond ارتباط سيمي) ويصبح متوسط المسافة بين المونوميرات أقل بمقدار 20% مما يؤدي إلى تقلص حجمي هام؛ وهذا يؤدي إلى جعل النماذج المصنوعة من الراتنج أصغر مقارنةً مع النموذج الرئيسي [12 - 19].

لم تتطابق نتائج دراستنا بالنسبة لراتنج الإيبوكسي مع (Paquette) و زملائه عام 2000، حيث أظهرت دراسته إمكانية إنقاص التقلص بتعديل العمل بتوصيات المنتج [بما يخص نسبة الأساس / المسرع]. أدى تأخير التصلب إلى تحسين الدقة و الحصول على نماذج ذات تقلص أقل، نتيجة إنقاص تأثيرات التقلص الحادث أثناء البلمرة على أبعاد النموذج. تم تفسير هذه النتائج الخاصة بإبطاء عملية التصلب بتدفق أكبر و استرخاء الراتنج أثناء تصلبه [20]. رغم أن راتنج الإيبوكسي متأخر التصلب أنتج نماذج أكثر شبيهاً بالنموذج الرئيسي، إلا أنه يظهر قابلية كبيرة للتغير و عدم استقرار النموذج الناتج وهي تمثل سيئة سريرية هامة. في الإجراءات المخبرية للتعويضات الثابتة، لا يمكن تفادي و تعويض سيئات التصلب غير المتوقعة لمادة النموذج الإفرادي أثناء المراحل الأخرى للتصنيع مثل : تقلص الشمع ، تمدد المادة الكاسية ، تقلص المعدن [12].

بشكل معاكس ، أظهرت نماذج الجبس الحجري من النموذج الرابع ميلاً للتمدد، وقد لوحظ هذا في دراسات سابقة [9- 18]. إن عملية تبلور الجبس هي عبارة عن نمو توسعي للبلورات اعتباراً من مركز التبلور [19]. اعتماداً على تشابك البلورات ثنائية جزيء الماء (dihydrate)، يمكن لنمو بلورات المركز أن يجعلها تتحد وتمنع نمو البلورات المجاورة . إن تكرار هذه العملية من قبل آلاف البلورات أثناء نموها، سيؤدي إلى تطوير توتر خارجي يقود إلى تمدد الكتلة [19]. اعتماداً على ميزات الجبس هذه، فإن التعديلات على الترميم يمكن أن تنجز بسهولة أكبر عندما يوجد تمدد طفيف للنموذج [18].

يعتبر معظم الباحثين أن التمدد الطفيف للجبس الحجري ميزة مناسبة لإنتاج تعويضات ثابتة بحواف مرضية وتأمين فراغ ما في بين التعويض المصبوب والسن المحضر للسماح باستقرار تام بدون انحناء وتأمين فراغ مناسب للإسمنت اللاصق [5] مما قد يمكننا من عدم استخدام (Die spacer) . بينما التقلص الطفيف لراتنج الإيبوكسي يبقى سيئة كبيرة، تحتاج لأن تتم تغطية النموذج بطبقات متعددة من (die relief material تخفيف الضغط) لإنتاج تعويض ثابت يكون منطباقاً [21].

في الدراسة التي أجراها (JUNIOR) و زملائه عام 2018، لم نلاحظ فارقاً هاماً بما يخص تغيرات الأبعاد بين راتنج الإيبوكسي والجبس عندما استخدمت هاتين المادتين في صب الطبقات المأخوذة بالسيليكون المضاف و بمرحلة واحدة [22].

أثبتت نتائج دراسة (CHAFFEE) و زملائه عام 1997، وجود فوارق هامة في مجموعة راتنج الإيبوكسي، بينما كانت الفوارق غير هامة في مجموعة الجبس الحجري المحسن. تم إرجاع هذه الفوارق إلى تأثير الموضع المضبوط للطابع على المثال الرئيسي مما يؤثر على ثخانة المادة الطابعة بالإضافة إلى التقنية المستخدمة في تصنيع العينات [23]. يعتبر راتنج الإيبوكسي لزجاً وسميماً، مما يجعل صب الطبعة باستخدامه أمراً شديداً التعقيد، ويخلق صعوبة كبيرة في تنظيفه. بالإضافة إلى أن التقلص المنبت لمادة راتنج الإيبوكسي في الأبعاد الثلاثة، يمكن أن يؤدي إلى تصنيع تعويض غير مقبول و غير مستقر سريرياً، ما لم يتم استخدام تقنيات مخبرية تعويضية لذلك ينصح باستخدام هذه المادة بحذر.

يعتبر الجبس المادة المختارة بسبب رخص ثمنه وسهولة استخدامه بمعدات متوافرة بشكل روتيني، والوقت القليل نسبياً اللازم لصنع المثال والنموذج، رغم أن معظم أنواع الجبس تظهر بعض نقاط الضعف بما يخص مقاومة الانكسار ومقاومة السحل الضعيفة وضعف القدرة على إعادة إنتاج التفاصيل كذلك له قدرة محدودة على مقاومة القوى المستعرضة؛ مما يجعل المثال الجبسي عرضة للكسر عند نزعه عن الطبعة [24 - 25].

الاستنتاجات و التوصيات:

ضمن حدود هذه الدراسة في المختبر تم استخلاص النتائج التالية:

- 1- عدم وجود فوارق إحصائية هامة بما يخص النماذج المصنوعة انطلاقاً من الطبعة الرقمية مع الطباعة ثلاثية الأبعاد عند المقارنة مع النموذج الإفرادي الرئيسي من حيث الأبعاد الثلاثة المدروسة.
- 2- أظهرت النماذج المصنوعة من الجبس الحجري المحسن النموذج الرابع انطلاقاً من طبعة تقليدية باستخدام طابع معدني مع أو بدون تخلية هوائية تمدداً ضئيلاً.
- 3- أظهرت النماذج المصنوعة من راتنج الإيبوكسي انطلاقاً من طبعة تقليدية باستخدام طابع معدني مع تخلية هوائية تقلصاً ضئيلاً.
- 4- أظهرت النماذج المصنوعة من الجبس الحجري انطلاقاً من طبعة تقليدية باستخدام طابع بلاستيكي بدون تخلية هوائية فوارق إحصائية هامة مما يدعم ضرورة عدم استخدام هذه الطابعات.
- 5- لم تؤثر عملية التخلية الهوائية أثناء صب الطبعة على دقة الأبعاد.
- 6- يجب إعادة إنتاج التحضيرات السنوية الطويلة والضيقة باستخدام مواد قادرة على صناعة أمثلة عمل تمتاز بمقدرة عالية على المقاومة و دقة الأبعاد مما يجعل الطبعة الرقمية مع الطباعة ثلاثية الأبعاد محبذة جداً لاستخدامها في مثل هذه الحالات.
7. يمكن اعتبار الجبس الحجري النموذج الرابع أكثر ملاءمة للاستخدام في التعويضات المفردة و البسيطة.

References:

- 1- ALSHAARANI,F.*Fundamentals of Fixed Prosthodontics*.Damascus university publication: 2014-2015,203-204.
- 2- ALSHAARANI,F;ISSA,N;SULTAN,M ;BAHERLI,N.*Crown and Bridges*.Tishreen university publication: 2006-2007,211-212.
- 3-VIGOLO,P;MILLSTEIN,P.L. *Evaluation of master cast techniques for multiple abutment implant prostheses*. Int J Oral Maxillofac Implants;8: 1993,439-446.
- 4-MYERS,M;HEMBREE,J.H. *Relative accuracy of four removable die systems*. J Prosthet Dent;48: 1982,163-165.
- 5-KENYON,B.J; HAGGE,M.S;LEKNIUS,C. *Dimensional accuracy of 7 die materials*. J Prosthodont;14:2005,25-31.
- 6-AIACH,D; MALONE,W.F; SANDRIEK, J. *Dimensional accuracy of epoxy resins and their compatibility with impression materials*. J PROSTHET DENT;52:1984,500-4 .
- 7-ZAKARIA,M.R;JOHNSTON,W.M;REISBICK,M.H;CAMPAGNI,W.V. *The effects of a liquid dispersing agent and a microcrystalline additive on the physical properties of type IV gypsum*. J PROSTHET DENT;60:1988,630-7.
- 8-American National Standards Institute/American Dental Association: *Specification No. 25 for Dental Gypsum products*:2000.
- 9-CAMPBELL,S.D;RILEY,E.J;SOZIO,R.B. *Evaluation of new epoxy resin die material*. J Prosthet Dent;54[1] :1985,136-40.
- 10-SCHWARTZ,H.B;LEUPOLD,R.J;THOMPSON,V.P. *Linear dimensional accuracy of epoxy resin and stone dies*. J PROSTHET DENT;45:1981,621-5.
- 11- DENIZOGLO,S; YANIKOGLO, N; BAYDAS, B. *The linear setting expansions of the dental stone and whose initial setting times*. Dent;5[6]: 2015,2-5.
- 12-PRISCO,R;COZZOLINO,G;VIGOLO,P. *Dimensional accuracy of an epoxy die material using different polymerization methods*. J.Prosthodont;18[2]: 2009,156-61.
- 13-RAGAIN,J.C;GROSKO,M.L;RAJ,M;RYAN,T.N;JOHNSTON,W.M. *Detail reproduction, contact angles, and die hardness of elastomeric impression and gypsum die material combinations*. Int J Prosthodont;13[3]: 2000 ,214-20.
- 14-MICHALAKIS,K.X; BAKOPOULOU,A;HIRAYAMA,H;GAREFIS,D.P. *Pre- and post-set hydrophilicity of elastomeric impression materials*. J Prosthodont;16[4]:2007 ,238-48.
- 15-LU,H; NGUYEN,B; POWERS,J.M. *Mechanical properties of 3 hydrophilic addition silicone and polyether elastomeric impression materials*. J Prosthet Dent;92[2]: 2004,151-4.
- 16-MARCINACK,C.F; DRAUGHN,R.A. *Linear dimensional changes in addition curing silicone impression materials*. J Prosthet Dent;47[4]:1982,411-3.
- 17-American Dental Association. Council on Dental Materials and Devices Revised American Dental Association *Specification No 25 for gypsum products*. J Am Dent Assoc; 1981,102-351
- 18-BAILEY, J.H; DONAVAN, T.E; PRESTON,J.D. *The dimensional accuracy of improved dental stone, silver-plated and epoxy resin die materials*. J Prosthet Dent; 59[3]:1988,307-10.
- 19-ANUSAVICE,K.J; PHILLIPS,R.W; PHILLIPS, *science of dental materials*. 11th ed, Philadelphia Saunders, 2003, p.608.
- 20- PAQUETTE, J.M; TANIGUCHI,T; WHITE, S.N. *Dimensional accuracy of an epoxy resin die material using two setting methods*. J ProsthetDent ;83:2000,301-305.

- 21-DERRIEN,G,MENN,G.L. Evaluation of detail reproduction for three die material using scanning electron microscopy and two- dimensional profilometry. J PROSTHET DENT;74: 1995,1-7.
- 22-JUNIOR,E.V.D; KREVE,S;DE CARVALHO,G.A.P;RAMOS,E.V; FRANCO,A.B.G; DIAS,S.C. Analysis of linear dimensional change of different materials used for casting dental models: plaster type 4, nanocomposites carbon nanostructures polyurethane resin and epoxy resin. Journal of Dental Health Oral Disorders & Therapy;9[2]: 2018,200–205.
- 23-CHAFFEE,R.N; BAILEY,J.H; SHERRARD,D.J. *Dimensional accuracy of improved dental stone and epoxy resin die materials. part II: complete arch form.* J Prosthet Dent;77[3]: 1997,235.
- 24-DERRIEN,G;STURTZ,G. *Comparison of transverse strength and dimensional variations between die stone, die epoxy resin, and die polyurethane resin.* J Prosthet Dent;74[6]: 1995,569–74.
- 25-HESHMATI,R.H; NAGY,W.W;WIRTH,C.G; DHURU,V.B. *Delayed linear expansion of improved dental stone.* J Prosthet Dent;88[1]:2002, 26-31.