# A Comparative study to evaluate the marginal adaptation of Bioceramic and MTA in pulpotomy on primary teeth (an in vitro study)

**Dr. Abd Elwahab Nourallah***

**Rama Awad****

**(Received 26 / 8 / 2023. Accepted 3 / 10 / 2023)**

## □ ABSTRACT □

The current study aims to evaluate the marginal adaptation of MTA and Bioceramic, using Scanning Electron Microscope in pulpotomized primary molars.

Ten extracted primary molars for orthodontic reasons (caries-free or not) were studied and randomally distributed into two groups. Pulpotomy was conducted using either MTA or Bioceramic, the teeth were then restored with composite resin. The crowns were resected longitudinally (bucco-lingual direction) into two halves. The teeth were thermocycled to 200 rounds between 5° and 55°C in distilled water, with 30s dwell time in each bath, the samples were mounted on an aluminum stub and marginal gaps were examined and recorded in micron using Scanning Electric Microscope (SEM)

The results showed variable gaps observed between the used materials and the dentinal walls. The gap sizes of MTA material ranged from (4 to 19 micron) and it had the largest mean gaps (mean 6.716 micron), whereas the gap sizes of Bioceramic material ranged from (3 to 11 micron) and it had the smallest mean gaps 1.428 micron)

Conclusion:

The current study showed the rapprochement of marginal adaptation degrees of BC material and that of MTA material and the statistical analyzes showed important differences.

There has been a superior behavior of Bioceramic than MTA and it adapts better with the adjacent dentin.

**Key words**: pulpotomy – primary molars – marginal adaptation – Scanning electron microscope – MTA - Bioceramic

**Copyright** **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

*Assistant Professor - Faculty of Dentistry - Tishreen University - Lattakia - Syria.

**Master's student - Faculty of Dentistry - Tishreen University - Lattakia - Syria.

# دراسة مقارنة لتقييم العلاقة الحفافية مع العاج لمادتي Bioceramic و MTA في بتر اللب على الأسنان المؤقتة (دراسة مخبرية)

**د. عبد الوهاب نور الله***

**راما عواد****

**(تاريخ الإيداع 26 / 8 / 2023. قبل للنشر في 3 / 10 / 2023)**

## □ ملخّص □

تهدف الدراسة الحالية إلى مقارنة الختم الحفافي لكل من الMTA , Bioceramic باستعمال المجهر الالكتروني الماسح (SEM) عند استخدامها كحشوة قعر في الأرحاء المؤقتة المبتورة اللب.

تمت دراسة 10 أرحاء مؤقتة مقلوعة لأسباب تقويمية (غير من منخورة أو منخورة) و وزعت عشوائيا إلى مجموعتي دراسة (5 لكل مجموعة). أجري بتر اللب باستعمال إحدى مادتي الدراسة ثم تم ترميم الأسنان باسمنت الزجاج الشاردي المعدل بالراتنج (RMGIC) . تم تقطيع التيجان وفق المحور الطولي (بالاتجاه الدهليزي اللساني) إلى نصفين. عرضت الأسنان بعدها إلى 200 دورة حرارية بين درجتي 5 – 55 درجة مئوية في ماء مقطر لمدة 30 ثانية في كل حمام، ثم ثبتت العينات على حوامل من الألمنيوم و تم قياس الفجوات الحفافية و تسجيلها باستعمال الSEM.

في الدراسة تمت مشاهدة فجوات عديدة بين المواد المدروسة و الجدران العاجية المجاورة. و كان لمادة MTA حجم فجوات حفافية يتراوح بين (4–19 ميكرون) ومتوسط حجم الفجوات الأعلى (المتوسط= 6.716 ميكرون) في حين كان الحجم الأصغر للمادة الثانية يتراوح بين (3–11 ميكرون) بمتوسط (1.428 ميكرون).

الخلاصة: أظهرت الدراسة الحالية تقارب درجة الانطباق الحفافي لكلٍ من الBioceramic والMTA، كما بينت التحاليل الاحصائية فروقاً ذات دلالة لتفوق مادة Bioceramic على مادة الMTA من حيث التكيف الحفافي مع العاج.

**الكلمات المفتاحية:** بتر اللب – أرحاء مؤقتة – التكيف الحفافي – المجهر الالكتروني الماسح – الخزف الحيوي – ثلاثي الأكاسيد المعدنية

**حقوق النشر** : مجلة جامعة تشرين– سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY–NC–SA 04

* **أستاذ مساعد - كلية طب الأسنان –جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.**

** **طالبة ماجستير - كلية طب الأسنان –جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.**

## مقدمة:

يعرف التسرب المجهري في طب الأسنان بأنه عبور الشوارد و الجزيئات أو السوائل و الجراثيم عبر السطح البيني سن – مادة مرممة أو مغطية(1). سبب الفشل المبكر بعد ترميم الأسنان قد يكون المعالجة بحد ذاتها أو بسبب النسج الصلبة حديثة التشكل التي لا تحمي بشكل كامل من التسرب الجرثومي و إن تطوير المواد الحيوية والحديثة و ما تتمتع به من قابلية ختم و من تقبل حيوي قد غير الرأي منها(2). استخدمت العديد من المواد بهدف تغطية اللب المبتور في الأرحاء المؤقتة و منها مؤخراً ال MTA و ال Bioceramic اعتماداً على المواصفات الحيوية العالية لها. منذ إدخالها في المعالجة اللبية في عام 1990(3) أظهرت الكثير من الدراسات التقبل الحيوي العالي لمادة الـMTA، كما أبدت العديد من المواصفات المميزة الأخرى و لعل أبرزها انطباقها الحفافي الجيد و الناتج عن انخفاض تمددها أثناء التصلب(3). قارن (Bidar et al 2007) التكيف الحفافي لكل من الـMTA الرمادية (GMTA) والبيضاء (WMTA) و الاسمنت البورتلاندي (PC) باستعمال الـ SEM على 75 سن بشري مقلوع وحيد القناة، بعد حشي الأقنية الجذرية تم تحضير حفر في نهاية الأقنية و حشيها بالمواد المدروسة ثم قطعت الأسنان طوليا إلى نصفين وكانت الفجوات تحت المجهر بحجم 211.6 ميكرون للـ(GMTA) و 349 ميكرون لـ (WMTA) و 326.3 ميكرون لـ (PC) حيث كانت الفجوات أصغر في عينات مادة الـMTA الرمادية على الرغم من عدم وجود دلالة احصائية على الاختلافات الموجودة بين المواد المدروسة(4).

تعد ال Bioceramic (BC) من مواد الخزف الحيوي و هي مصممة للاستعمال الطبي و في مجال طب الأسنان منذ الستينيات و السبعينيات (5). و هي مواد متقبلة حيويا تتركب من الألومينا و الزركونيا و الزجاج الفعال حيويا، مع هيدروكسي الأباتيت و فوسفات الكالسيوم الممتص و الزجاج المعالج شعاعيا (6)، و هي مستقرة كيميائيا و تتفاعل بشكل جيد مع النسج العضوية. أظهر (Patri et al 2020) في دراسته قدرة ختم و تكيف حفافي أفضل للخزف الحيوي عند مقارنتها بالـMTA (7). درس (Leal et al 2011) قابلية الختم الذروي لكل من الـWMTA , BC في منع تسرب الغلوكوز ذو الوزن الجزيئي المرتفع من خلال حشوة نهاية الجذر بعد تحضير حفرة بعمق 3 ملم و حشيها بالمواد المدروسة ليجدوا غياب أي فرق في الختم الذروي بين المادتين المستخدمتين. قام (Chisnoiu et al 2019) بتحضير 20 سن سفلي لبيا و حشيها باستعمال الكوتا – بيركا بالمشاركة مع مادة خاتمة حيث تم حشي 10 أسنان باستعمال مادة خاتمة من الـBC و الأسنان المتبقية باستعمال المادة التقليدية و لم يجدوا فروق هامة إحصائيا من حيث حجم الفجوات التي تم قياسها في ثلاث مناطق ثابتة (8). قام (Nair et al 2011) بتحضير و حشي لـ 40 سن وحيدة القناة باستعمال أقماع الكوتا – بيركا، تم حشي 15 سن باستعمال الـBioceramic و 15 باستعمال الـ MTA و 10 سن لم يتم حشيها استعملت كعينة شاهدة، عرضت كل العينات لجرثومة الـE. faecalis و تم تقييم وجود التسرب المجهري من خلال إحصاء عدد المستعمرات المتشكلة في كل عينة و استنتجوا تقارب سوية الختم بين المادتين (9). قارن (Hirschberg et al 2013) قابلية ختم الـMTA – BC باستعمال 60 سن مقلوعة وحيدة القناة حيث تم قطع 3 ملم الذروية من الجذر بزاوية 90 درجة مع محوره الطولي ثم قسمت العينات بالتساوي إلى 4 مجموعات ( MTA – BC – و مجموعة شاهدة إيجابية و سلبية)، عرضت الأسنان لـ E. faecalis من خلال حفرة طاحنة، تمت مراقبة الأسنان حتى 28 يوم وخلصوا إلى أن عينات الـ BC تبدي تسرب أعلى بوضوح (10). قارن (Budimir et al 2021) قدرة ختم الـBC مع الـMTA عند استخدامها في حشي الأقنية الجذرية باستعمال

94 سن بشرية وحيدة الجذر وذات قناة وحيدة، وزعت إلى 5 مجموعات تجريبية تم تثبيت العينات في قوالب مخصصة للتسرب الجرثومي لتقييم تسرب الـE.faecalis ، تم التحقق من التسرب الجرثومي من خلال التبدل اللوني أسفل الأنبوب خلال 60 يوم و استعمل الـSEM للتحقق من الارتباط بين المواد المدروسة و الجدران العاجية، ليجدوا نتائج أفضل للBC (11). قارن (Polineni et al 2016) التكيف الحفافي لثلاث مواد سادة ضمن الأقنية الجذرية (إيبوكسي الريزين – MTA – BC) من خلال استعمال 30 سن بشرية حديثة القلع وحيدو الجذر مكتملة الذروة، تم قص التيجان و تحضير الأقنية الجذرية و تقسيم العينات عشوائيا إلى ثلاث مجموعات (عدد 10) تبعا لنوع المادة السادة المستعملة، ثم قطعت العينات وفق محورها الطولي و قيم التكيف الحفافي في القسمين الذروي و التاجي باستعمال الـSEM، ليجدوا أصغر فجوات حفافية في مجموعة الإيبوكسي الريزين و الحجم الأكبر في مجموعة الـ MTA و لاحظوا أن القسم التاجي يبدي تكيف أفضل مقارنة بالذروي (12). استعمل (Gaurav et al 2020) 60 ضاحك سفلي بشري حفظت لمدة ساعتين في محلول هيبوكلوريت الصوديوم 2.5% ثم قطعت كل العينات حتى الملتقى المينائي الملاطي كما تمت تهيئة الأقنية و تبعا للمادة السادة المستعملة قسمت العينات عشوائيا إلى ثلاث مجموعات حسب المادة الخاتمة المستعملة: (BC – راتنج – MTA ) و فحص الثلثين التاجي و الذروي من القناة بمجهر الـSEM، و خلصوا إلى أن ختما أفضل بوضوح لوحظ في عينات مجموعة الـBC مقارنة بالمجموعتين الأخريات (7).

هذه الخواص وضعت مادة BC كواحدة من أهم الخيارات المطروحة أمام طبيب الأسنان كمادة مغطية للب في المعالجات اللبية الحيوية، إلى جانب المواد الموجودة مسبقا مثل الـ MTA و اقترحت امكانية استخدامها كحشوة قعر بعد بتر اللب في الأرحاء المؤقتة (13).

هدفت هذه الدراسة لتقييم العلاقة الحفافية لمادة الـBC و مادة الـMTA مع العاج المجاور عند استخدامها كحشوة قعر في بتر اللب على الأرحاء المؤقتة مخبريا.

**المواد والطرائق:**

تمّ اختيار 10 أرحاء مؤقتة مقلوعة لأسباب تقويمية وحفظها في محلول الفورم ألدهيد 2% بدرجة حرارة 4 درجات مئويّة لمدّة لا تزيدعن 3 أشهر قبل إجراء البتر.

تحضير الأرحاء للبتر:

تمّ تحضير الأرحاء باستعمال سنبلة 30 على قبضة ذات سرعة عالية ثم تمت إزالة سقف الحجرة اللبية وبعد الوصول لمداخل الأقنية الجذريّة تمّ تطبيق طبقة بسماكة 2–3 ملم من مادة MTA. ( ProRoot MTA, DENTSPLY Tusla Dental, USA) أو مادة BC.(FKG ERRM TotalFill , swiss endo) على 5 أرحاء لكل مادة، تمّ تطبيق قطنة مرطبة بالماء المقطّر فوق حشوة القعر لمدة 7 أيام لضمان التصلّب الكامل للمادة و تم الحفظ في حاضنة رطبة بدرجة حرارة 37 درجة مئوية و رطوبة 95% طوال مدة الحفظ لأنّ المواد تتطلب التعرّض للرطوبة خلال التصلّب (14) ثم تمّ ملء الأرحاء باسمنت الزجاج الشاردي (Fuji II LC; GC Corp, Tokyo, Japan) و ترميمها بالـRMGI (Geristore) .

## تحضير العينات:

بعد ترميم الأسنان تم قص الجذور باستعمال قبضة ذات سرعة بطيئة (Isomel, Buhler Ltd, Lake Bluf, 11, USA) حتى الملتقى الميناني الملاطي مع التبريد المائي ثم تم قص التيجان وفق محورها الطولي (bucco-lingual direction) لنصفين باستعمال قبضة بطيئة السرعة على حامل مثبت مع سكة متحركة تحمل الأسنان.

الدورات الحرارية:

تم تعريض الأسنان لـ200 دورة حرارية بين درجتي حرارة 5-55 درجة مئوية في الماء المقطر، لمدة 30 ثانية في كل حمام (15)

الدراسة باستخدام الـSEM:

استعمل الـSEM (Tescan- Vegall xmu) لفحص الفجوات الحفافية للعينات بعد تثبيتها على حوامل من الألمنيوم و ذلك تحت تكبير X 2000 و تم قياس حجم الفجوات بين السطح الداخلي لحشوة القعر و الجدران العاجية في نقطتين ثابتتين (سطح تماس المادة مع منتصف قعر الحجرة اللبية و منتصف سطح تماس المادة مع جدار جانبي) وتم تسجيل المتوسط لكل عينة ثم حسب متوسط حجم فجوات كل مادة كما تم حساب متوسط الانحراف المعياري. استخدم اختبار Mann-whitney لتحديد الفرق الاحصائي بين المجموعات المختلفة.

## النتائج والمناقشة

### النتائج:

عند دراسة صور المقاطع المفحوصة، وبشكل خاص الانطباق بين سطحي المادة المستخدمة و العاج المقابل لها، تم ملاحظة فجوات عديدة بين المواد المدروسة. حددت نقطتان ثابتتان لقياس الفجوات (قعر الحجرة اللبية و الجدار الجانبي، تم اجراء قياس هذه الفجوات في النقاط المحددة تحت المجهر بالمايكرون. تراوحت قياسات الفجوات الحفافية لمادة الـBioceramic بين (3 – 11 ميكرون)، بمتوسط قياسات قدره (1.428 ميكرون) بانحراف معياري (0.924)، في حين تراوحت قياسات الفجوات الحفافية لمادة الـ MTA من (4 – 19 ميكرون)، بمتوسط حجم فجوات أكبر قدره (6.716) بانحراف معياري قدره (5.030).

تم استخدام اختبار مان ونتي للعينات المستقلة نظراً لصغر حجم العينة (Z=-2.928) (P=0.003<0.01) حيث أظهر الإختبار وجود فرق دال احصائياً بين متوسطي حجم الفجوات في المادتين مما يدل على أفضلية مادة الـ Bioceramic من حيث الانطباق و العلاقة الحفافية مع العاج السني .

### المناقشة:

كان الهدف من هذه الدراسة تقييم الانطباق الحفافي لمادة BC مع العاج المجاور في الأرحاء المؤقتة مبتورة اللب ومقارنتها مع مادة MTA. حيث تراوحت قياسات الفجوات الحفافية لمادة الـBioceramic بين (3-11 ميكرون) بمتوسط قياسات قدره (1,428 ميكرون)، في حين تراوحت قياسات الفجوات لمادة الـMTA من (4-19 ميكرون) بمتوسط فجوات أكبر قدره (6,716 ميكرون) تختلف نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة ( Leal et al 2011) . الذين استخدموا ارتشاح الغلوكوز من خلال حفرة محضرة في نهاية الجذر كمشعر لتقييم الختم الذروي لكل من مادتي الـMTA – BC، ليجدوا غياب أي فرق في الختم الذروي بين المادتين المستخدمتين و يمكن تفسير ذلك بأنهم

استخدموا ارتشاح الغلوكوز ذي الوزن الجزيئي المنخفض كمشعر للنفاذية و كذلك يمكن أن تفسر بأن تفاعل تصلب سيليكات الكالسيوم ينتج ماءات الكالسيوم و الذي يتفاعل مع الفوسفات ليشكل هيدروكسي الأباتيت والماء وهذا يفسر التسرب في عينات مادة MTA في حين أن المادة الأخرى تتصلب و تعطي جل سيليكات الكالسيوم و ماءات الكالسيوم(8).

و كذلك تختلف نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة (Bidar et al 2007) الذي قارن التكيف الحفافي لكل من الـMTA الرمادية (GMTA) والبيضاء (WMTA) و الاسمنت البورتلاندي (PC) باستعمال الـ SEM على 75 سن بشري دائمة مقلوعة وحيدة القناة، من خلال حفر محضرة في نهاية الأقنية الجذرية و كانت الفجوات تحت المجهر بحجم 211.6 ميكرون للـ(GMTA) و 349 ميكرون للـ (WMTA) و 326.3 ميكرون للـ (PC) حيث كانت الفجوات أصغر في عينات مادة الـMTA الرمادية على الرغم من عدم وجود دلالة احصائية على الاختلافات الموجودة بين المواد المدروسة. و يفسر هذا الاختلاف بدراستهم للعاج الجذري لأسنان دائمة و التي لها تركيب مختلف عن العاج التاجي في الأسنان المؤقتة المستعملة في الدراسة الحالية (4). و تختلف نتائج الدراسة عن نتائج دراسة (Chisnoiu et al 2019) الذي استعمل 20 سن دائمة سفلية و لم يجدوا فروق هامة إحصائيا بين مادة الـBC والمادة السادة التقليدية من حيث حجم الفجوات التي تم قياسها في ثلاث مناطق ثابتة (تاجية و ذروية و متوسطة) يمكن أن يفسر بوجود طبقة هجينة تتمادى مع طبقة اللطاخة في الثلث الذروي لكل جذر و التي تلعب دور حاجز فيزيائي يحول دون اندخال المادة في العاج. في الدراسات التي استعملت ارتشاح الجراثيم كمعيار للختم الحفافي (16)، و اختلفت نتائج الدراسة عن نتائج دراسة (Nair U et al 2011) الذين استعملوا 40 سن دائمة وحيدة القناة للمقارنة بين مادتي الـ Bioceramic و الـ MTA و عرضت كل العينات لجرثومة الـE. faecalis و تم تقييم وجود التسرب المجهري من خلال إحصاء عدد المستعمرات المتشكلة في كل عينة و استنتجوا تقارب سوية الختم بين المادتين (9) واختلفت نتائج هذه الدراسة عن نتائج دراسة (Hirschberg et al 2013) الذي قارن قابلية ختم الـMTA – BC باستعمال 60 سن دائمة مقلوعة وحيدة القناة، عرضت الأسنان للـ E. faecalis من خلال حفرة طاحنة، تمت مراقبة الأسنان حتى 28 يوم و خلصوا إلى أن عينات الـBC تبدي تسرب أعلى بوضوح و يمكن تفسير ذلك باستعمال الـ E. Faecalis التي تقيس بين 0.6–2 ميكومتر لتحديد الختم الحفافي (10). في حين اتفقت نتائج الدراسة مع نتائج دراسة (Antunovic et al 2021) الذي قارن قدرة ختم الـBC مع الـMTA عند استخدامها في حشي الأقنية الجذرية باستعمال 94 سن بشرية دائمة وحيدة الجذر وذات قناة وحيدة، عرضت للـ E.faecalis، تم التحقق من التسرب الجرثومي من خلال التبدل اللوني أسفل الأنبوب خلال 60 يوم و استعمل الـSEM للتحقق من الارتباط بين المواد المدروسة و الجدران العاجية، ليجدوا نتائج أفضل للـBC، يمكن تفسير هذا الاتفاق باستخدام كلتا الدراستين للمجهر SEM في تحري العلاقة بين المواد المدروسة و العاج المجاور(11). و تختلف هذه النتائج مع نتائج دراسة (Polineni S et al 2016) الذي قارن التكيف الحفافي لثلاث مواد سادة ضمن الأقنية الجذرية (إيبوكسي الريزين – MTA – BC) من خلال استعمال 30 سن بشرية دائمة حديثة القلع وحيدة الجذر مكتملة الذروة قيم التكيف الحفافي في القسمين الذروي و التاجي باستعمال الـSEM، ليجدوا أصغر فجوات حفافية في مجموعة الإيبوكسي الريزين و الحجم الأكبر في مجموعة الـ MTA و لاحظوا أن القسم التاجي يبدي تكيف أفضل مقارنة بالذروي (12). و يعزى هذا الاختلاف لاستعمال القسم الجذري في دراستهم حيث تنخفض كثافة الأنابيب العاجية و التي هي أساسية لاندخال

الـBC و كذلك زيادة قطر الأنابيب العاجية و الذي يسهل أندخال الراتنج ذو الانسيابية الأعلى ما يزيد من علاقته مع العاج.

تتفق نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة (Patri et al 2020) التي استعملت 60 ضاحك سفلي بشري حفظت لمدة ساعتين في محلول هيبوكلوريت الصوديوم 2.5% و تمت المقارنة بين المادة السادة BC– راتنج – MTA و فحص الثلثين التاجي و الذروي من القناة بمجهر الـSEM، و خلصوا إلى أن ختما أفضل بوضوح لوحظ في عينات مجموعة الـ BC مقارنة بالمجموعتين الأخريات. و الذي يمكن أن يفسر باستعمال الشكل Sealer من الـBC و الذي يتركب من جزيئات نانوية رغم أن معاملة العاج بهيبوكلوريت الصوديوم ينقص من قوة ارتباطه مع اسمنتات سيليكات الكالسيوم (7).

## الاستنتاجات والتوصيات

### الاستنتاجات:

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن BCكان قابل للمقارنة مع الـMTA white من حيث التكيف الحفافي مع تفوق المادة الأولى في التكيف مع العاج المجاور.

## References:

1- Amaireh A, Al-Jundi S, Alshraideh HJEAoPD. In vitro evaluation of microleakage in primary teeth restored with three adhesive materials: ACTIVA™, composite resin, and resin-modified glass ionomer. 2019; European Archives of Pediatric Dentistry 20(4):359-67.

2- Parisay I, Ghoddusi J, Forghani MJIej. A review on vital pulp therapy in primary teeth. 2015;Iranian endodontic journal 10(1):6.

3- Tawil PZ, Trope M, Curran AE, Caplan DJ, Kirakozova A, Duggan DJ, et al. Periapical microsurgery: an in vivo evaluation of endodontic root-end filling materials. 2009; Journal of endodontics 35(3):357-62.

4- Bidar M, Moradi S, Jafarzadeh H, Bidad SJAEJ. Comparative SEM study of the marginal adaptation of white and grey MTA and Portland cement. 2007; Australian Endodontic Journal 33(1):2-6.

5- Ree M, Schwartz RJEP. Clinical applications of bioceramics materials in endodontics. 2014;7:32-40.

6- Best S, Porter A, Thian E, Huang JJJotECS. Bioceramics: past, present and for the future. 2008; Journal of the European Ceramic Society 28(7):1319-27.

7- Patri G, Agrawal P, Anushree N, Arora S, Kunjappu JJ, Shamsuddin SVJJCDP. A scanning electron microscope analysis of sealing potential and marginal adaptation of different root canal sealers to dentin: an in vitro study. 2020; J Contemp Dent Pract 21(1):73-7.

8- Leal F, De-Deus G, Brandão C, Luna A, Fidel S, Souza EJIej. Comparison of the root-end seal provided by bioceramic repair cements and White MTA. 2011; International endodontic journal 44.8-662:(7)

9- Nair U, Ghattas S, Saber M, Natera M, Walker C, Pileggi RJOS, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology,, et al. A comparative evaluation of the sealing ability of 2 root-end filling materials: an in vitro leakage study using Enterococcus faecalis. 2011;112(2):e74-e7.

10- Hirschberg CS, Patel NS, Patel LM, Kadouri DE, Hartwell GRJQi. Comparison of sealing ability of MTA and EndoSequence Bioceramic Root Repair Material: a bacterial leakage study. 2013; Quintessence international 44.(5)

11-Antunovic M, Vukmanovic L ،Budimir A, Kabil E, Anic I, Bago IJSEJ. Evaluation of sealing ability of four bioceramic root canal sealers and an epoxy resin-based sealer: An in vitro study. 2021; Saudi Endodontic Journal 11(1):66.
12- Polineni S, Bolla N, Mandava P, Vemuri S, Mallela M, Gandham VMJJocdJ. Marginal adaptation of newer root canal sealers to dentin: A SEM study. 2016; Journal of conservative dentistry 19(4):360.
Kohli M, Karabucak BJAC. Bioceramic usage in endodontics. 2019.13-
14- Zhou H-m, Du T-f, Shen Y, Wang Z-j, Zheng Y-f, Haapasalo MJJoe. In vitro cytotoxicity of calcium silicate–containing endodontic sealers. 2015; Journal of endodontics 41(1):56-61.
15- Karadas M, Atıcı MGJMR, Technique. Bond strength and adaptation of pulp capping materials to dentin. 2020; Microscopy Research and Technique 83(5):514-22.
Chisnoiu R, Moldovan M, Chisnoiu A, Hrab D, Rotaru D, Păstrav O, et al .16-Comparative apical sealing evaluation of two bioceramic endodontic sealers. 2019; Medicin and Pharmacy Reports 92(Suppl No 3):S55.