التغير اللوني التاجي التالي لتطبيق مواد "ERRMF " و"Biodentine" و"WMTA" المستخدمة في التغطية اللبية المباشرة
دراسة مخبرية مقارنة

سعاد عبود*

الملخص

خلفية البحث وهدفه: سجَّل الأدب الطبي أن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية "WMTA" يسبب تلون الأسنان، وعزي سبب التلون إلى تفاعل أكسيد البزموت مع العاج. وقد قُدِّمت مادتا "ERRMF" و"Biodentine" لتلافي سلبيات مادة "WMTA". هدف هذا البحث إلى مقارنة التلون التالي لتطبيق مواد "ERRMF, Brasseler " و" Biodentine, Septodont " بمادة "ProRoot MTA, Dentsply" في تيجان الأسنان البشرية المقلوعة خلال مدة ستة أشهر.

مواد البحث وطرائقه: شملت العينة 51 سناً أمامية، قطعت تحت الملتقى المينائي الملاطي بمسافة 1ملم؛ وُزِّعت عشوائياً إلى أربع مجموعات، طبقت في الأولى مادة ERRMF (n = 15)، وفي الثانية مادة Biodentine (n = 15)، وفي الثالثة مادة WMTA (n = 15)، أمّا الرابعة فقد رُمِّمت بالكمبوزت فقط كمجموعة شاهدة (n=6). قيس اللون في خمس مدد زمنية: بعد تطبيق المادة مباشرةً، وبعد أسبوعين، وبعد شهر واحد، وثلاثة أشهر، وستة أشهر، وسُجِّل التغير اللوني ΔE باستخدام جهاز VITA Easyshade® Advance 4.0. استخدم اختبارا التباين وحيد الجانب ANOVA و Bonferroni لدراسة النتائج إحصائياً ،ومعرفة دلالة الفروق في تكرارات التغير اللوني بين المجموعات الأربع بواسطة برنامج SPSS إصدار رقم 16 وبمستوى دلالة 0.05 %.

النتائج: كان التغيّر اللوني في مجموعتي ERRMF و Biodentine قل بفارق مهم إحصائياً من مجموعة WMTA. ولم يكن الفرق في هذا التغير ذو أهمية إحصائية بين مجموعتي ERRMF والشاهدة، في حين أبدت مجموعة Biodentine فرقاً مهماً عن الشاهدة. وازداد التغير اللوني مع الوقت في المجموعات المدروسة كلّها.

الاستنتاج: أظهرت عينات مجموعتي ERRMF والشاهدة ثباتاً لونياً خلال مدة الدراسة البالغة ستة أشهر؛ كما أبدت مجموعتا ERRMF وBiodentine تغيراً لونياً أقلّ من مجموعة مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية "WMTA". لذلك يجب استخدام WMTA بحذر خاصة في المناطق التجميلية، ويمكن أن تكون مادة ERRMF بديلاً مناسباً

كلمات مفتاحية: ERRMF، Biodentine ، مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية "WMTA"، التغير اللوني التاجي.

* أستاذ مساعد– قسم مداواة الأسنان – كلية طب الأسنان– جامعة دمشق.

Coronal Staining Potential of "ERRMF" , "Biodentine" and "WMTA" Used for Direct Pulp Capping -A Comparative in Vitro Study-

Souad Abboud*

Abstract

Background & Objective:: White mineral trioxide aggregate (WMTA) has been reported to cause dental discoloration. It is postulated that the discoloration is a result of chemical interaction of bismuth oxide with dentin. (Biodentine) and EndoSequence Root Repair Material fast set putty (ERRMF) have been developed to overcome the shortcomings of (WMTA). The purpose of this study was to compare the discoloration potential of (ERRMF; Brasseler), (Biodentine, Septodont), and (ProRoot MTA, Dentsply) when placed coronally in human extracted teeth over a 6-month period.

Materials & Methods: In total, 51 human anterior teeth were sectioned 1mm below the cementoenamel junction. The specimens were randomly assigned to four groups: ERRMF (n=15), Biodentine (n=15), WMTA (n=15), and restored with composite alone (control, n=6). Tooth color was measured at five time points: after material placement, after 2weeks, 1month, 3months, 6month, and color difference values △E were calculated by using VITA Easyshade® Advance 4.0. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA & Bonferroni tests to compare the color changes (P<0.05) using SPSS v16.0 software.

Results: The color change △E of ERRMF and Biodentine was significantly less than that of WMTA. The △E did not differ significantly between the ERRMF and control group. Biodentine group exhibited a significantly higher △E compared with the control group. Tooth color change in all experimental groups increased over time.

Conclusions: The ERRMF and control group specimens exhibited color stability over a 6-month period, ERRMF and Biodentine exhibited less tooth discoloration than WMTA. Therefore, WMTA should be used with caution, especially in the aesthetic zone, and ERRMF may be used as an alternative material.

Keywords: ERRMF, Biodentine, White mineral trioxide aggregate, Coronal tooth Staining.

*Associate Professor-Department of Operative Dentistry & Endodontics Faculty of Dentistry - Damascus University.

المقدمة:

طرأت في العقود الأخيرة تغيرات مهمة على صعيد الصحة الفموية بهدف المحافظة على الأسنان إلى أبعد الحدود؛ إذ يمكن أن تحدث انكشافات لبية نقطية لأسباب مختلفة، كتجريف النخور العميقة، أو الكسور، أو لأسباب ميكانيكية؛ عندئذٍ تجرى التغطية اللبية للحفاظ على حيوية اللب السني ونشاطه الحيوي والوظيفي، اذ تحثُّ المادةُ المغطية الخلايا اللبية على تشكيل الأنسجة الصلبة.

استخدمت العديد من مواد التغطية اللبية مثل ماءات الكالسيوم ذاتية وضوئية التصلب، وأكسيد الزنك والأوجينول، وإسمنت البولي كربوكسيلات، والمواد الرابطة، والإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج، ومادة ثلاثي الأكاسيد المعدنية (MTA) Mineral Trioxide Aggregate، ومادة Biodentine، وذلك بهدف تأمين ختم جيد للب السني وعزله عن الحفرة الفموية[1].

يتطلب هذا الإجراء وجود المادة الإسمنية في تاج السن لمدد طويلة. ومن الضروري ألاّ يؤدي تماس هذه الإسمنتات مع المحتوى العاجي إلى تلون السن، خاصة في المناطق ذات الأهمية التجميلية [2]. اذ تعدُّ الناحية التجميلية حالياً من أهم أولويات كلٍّ من المريض والطبيب، لذا كان الثبات اللوني للمواد المستخدمة معياراً مهماً لنجاحها السريري.

قُدِّم مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية MTA أول مرة من قبل Torabinejad عام 1993، وهي مادة نشطة حيوياً Bioactive، ومتقبلة حيوياً حاوية على إسمنت سيليكات الكالسيوم ذاتي التصلب، وأثبتت فعاليتها في التغطية اللبية، وعُدَّت مادة مرجعية ومثالية في التطبيقات السريرية [3,4]، إذ تتركب مادة MTA بشكل أساسي من سيليكات ثنائية وثلاثية الكالسيوم والألمنيوم ثلاثية الكالسيوم فضلاً عن أكسيد البزموت بنسبة 20% تقريباً لتأمين الظلالية الشعاعية[2]؛ ولكن يؤخذ عليها قابليتها للانحلال نتيجة زمن التصلب الطويل[5] وصعوبة تطبيقها [6]، فضلاً عن إمكانية تلون السن بعد تطبيق المادة الرمادية أو البيضاء على حدٍّ سواء[7,8,9]. ولتفادي ذلك قُدِّمت مادة Biodentine لشركة (Septodont, France)، وهي مادة إسمنتية نشطة حيوياً، وتتمتع بتقبل حيوي عالٍ مشابه لمادة MTA ولها أثر إيجابي في خلايا اللب السني وحثِّها على تشكيل العاج الثالثي، وكان لخواصها الفيزيوكيميائية المحسَّنة وقصر زمن التصلب دور في جعلها مادة بديلة للعاج وسهلة الاستعمال والتطبيق[10,11]. ولم تسجل دراسة الباحث Shokouhinejad عام 2016 حدوث التلون بعد تطبيقها [12]. وتحتوي مادة Biodentine في تركيبها على سيليكات الكالسيوم الثلاثية وكربونات الكالسيوم وأكسيد الزركون كمادة ظليلة على الأشعة، في حين يكون السائل عبارة عن كلوريد الكالسيوم لتسريع التفاعل التصلبي[12].

كما ظهرت مؤخراً مادة أخرى من سيليكات الكالسيوم الثلاثية Endosequence Bioceramic Root Repair Material ERRM (Brassler, USA)، وهي مادة إسمنية مسبقة المزج على شكل معجون Paste، قابل للدك Condensable Putty، وتوفرت في المدة الأخيرة على شكل معجون سريع التصلب في محقنة Syringable Fast Set Putty (ERRMF)، الذي يتصلب خلال 20 دقيقة؛ وبناءً على معطيات الشركة فقد تمتعت مادة ERRMF بالخصائص نفسها ERRM لكن حجم جزيئاتها كان أصغر بشكل واضح، مّما أدى إلى تسريع التفاعل التصلبي الذي يبدأ بوجود الرطوبة؛ وتعدّ مادة نشطة حيوياً وذات تلاؤم حيوي [12]، وتؤمن ختماً جيداً [13]، ولها مقاومة انضغاط [14]، وكذلك خواص مضادة للجراثيم مماثلة لمادة MTA [15]. تتركب مادة ERRM من سيليكات الكالسيوم وأكاسيد الزركون ZrO2 والتنتالوم وفوسفات الكالسيوم الأحادية، وقدّمت ضمن محقنة بشكل مسبق المزج [11,12,16].

ولكون التلون التالي لتطبيق هذه المواد الحاوية على سيليكات الكالسيوم الثلاثية من العوامل التي تؤخذ بالحسبان لدى تطبيقها من قبل الممارسين، لذا يجب تقييم التغير اللوني قبل عدّها مادة مثالية في التطبيقات السريرية خاصة في المناطق ذات الأهمية التجميلية؛ ونظراً الى وجود دراسات محدودة في الأدب الطبي عن التلون التالي لهذه المواد حديثة العهد، وتباين نتائج بعض هذه الدراسات، فقد وجد الباحث Beatty في دراسته عام 2015 أن كلاً من مادتي Biodentine وEndoSequence تسببان تلوناً أكثر وضوحاً وبفارق مهم عن مادة WMTA بعد ثمانية أسابيع[17]، في حين أظهرت دراسة الباحث Kohli في العام نفسه نتيجة مخالفة [8]. من هنا جاء هدف هذه الدراسة مقارنة التغير اللوني الحاصل بعد تطبيق مواد Bioceramic (ERRMF, putty) من إنتاج شركة (Brassler, USA) وBiodentine لشركة (Septodont, France) وWMTA البيضاء لشركة (Dentsply,USA) (جميعها مستخدمة في التغطية اللبية المباشرة) في تيجان الأسنان الأمامية، وذلك من خلال تسجيل اللون بعد تطبيق المادة مباشرة، ومن ثم قياس التغير اللوني $\triangle E$ خلال مدد: بعد أسبوعين وشهر واحد و3 أشهر و6 أشهر.

مواد البحث وطرائقه:

شملت العينة 51 سناً أمامية دائماً سليمة قلعت لأسباب لثوية، فحصت وتمّ والتأكد من عدم وجود أي نخر أو ترميم أو تصدع. ومن ثم نظفت الأسنان بواسطة أدوات التقليح وفرشاة ومعجون التلميع لإزالة أي ترسبات متوضعة عليها، وقد توزعت العينة إلى أربع مجموعات كالآتي:

المجموعة الأولى (n=15): طبقت فيها مادة Bioceramic (ERRMF, putty)، والمجموعة الثانية (n=15): طبقت مادة Biodentine، والمجموعة الثالثة (n=15): طبقت مادة WMTA، أما المجموعة الرابعة (n=6) فطبّق فيها الكمبوزت فقط وعُدَّت المجموعة الشاهدة. قصّت الأسنان 1 ملم تحت الملتقى المينائي الملاطي عمودياً على المحور الطولي للسن تحت الإرذاذ الهوائي المائي، وإزالة اللب بواسطة مبرد هيدستروم، ثم غسلت الحجرة اللبية لكل سن بواسطة هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl بتركيز 5.25 % وبعدها بالماء المقطر (5 مل)، وجفّفت بواسطة الأقماع الورقية. فيما بعد تُملأ الحجر اللبية بالمواد المراد اختبارها بعد مزجها حسب تعليمات الشركات المصنعة، وتدك جيداً. الشكل 1.

حفظت العينات في جو رطب 100% وذلك بوضع قطنة مبللة بدرجة حرارة الغرفة؛ وبعد 24 ساعة ختمت الحجر جميعها من خلال تطبيق المادة الرابطة (Tetric N-Bond, Ivoclar - Vivadent) وحمض الفوسفور للشركة نفسها، ومادة الكمبوزت (Tetric N-Ceram, Ivoclar-Vivadent) بلون A2 وصلّبت بجهاز التصليب الضوئي Dent America لشركة (Kerr, USA) مدة 40 ثانية. ويصار بعدها إلى حفظ الأسنان (كل سن في حجرة خاصة مملوءة بالماء المقطر تستبدل كل ثلاثة أيام) في جو رطب 100% وبدرجة حرارة الغرفة، وتعريضها لمنبع ضوئي موفر للطاقة Fluorescent Energy-saving Lamp (Royal Philips, Holland).

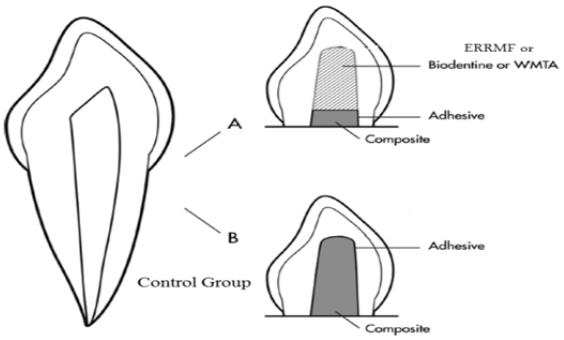
قيس اللون بواسطة شخص واحد بجهاز VITA Easyshade® Advance 4.0 (Vita, Germany)، حسب تعليمات الشركة لكل عينة مباشرة بعد تطبيق المادة بحيث يوضع السن المراد تسجيل درجته اللونية ضمن قالب سيليكوني شفاف؛ إذ تتم معايرة الجهاز أولاً ثم اختيار برنامج قياس اللون وفق نظام CIE L*a*b* اللوني ويطبق رأسه في منتصف السطح الدهليزي للعينة المدروسة؛ وبعدها تقاس قيمة التغير اللوني $\triangle E$ الحاصل بين اللون المسجل بعد التطبيق مباشرة وكل من المدد: أسبوعان، وشهر واحد، و3 أشهر، و6 أشهر بعد الترميم، ثم جمعت البيانات وحلّلت إحصائياً.

يجرى قياس التغير اللوني بحيث تكون الخلفية بيضاء دائماً[9]، ولتفادي التغيرات اللونية التي يمكن أن تحدث بسبب جفاف السن، تزال الرطوبة الزائدة بقطعة من الشاش وتسجل عملية قياس اللون مرة واحدة بسرعة، وخلال مدة لا تتجاوز 5 ثوانٍ[18].

الجدول (1) المواد المستخدمة في البحث ومواصفاتها [12,17].

المادة	التركيب	الشركة المصنعة
ERRMF, putty	calcium silicate, zirconium oxide (ZrO2), tantalum oxide, calcium phosphate monobasic, and filler agents.	Brassler, USA
Biodentine	powder: tricalciumsilicate, calcium carbonate, Iron oxide and zirconium oxide as the radiopacifier. Liquid: calcium chloride.	Septodont, France
White MTA ProRoot,	Powder: Tricalcium silicate ،Bismuth oxide ،Dicalcium silicate ،Tricalcium aluminate ،Calcium sulfate dihydrate or Gypsum, Bismuth oxide. Liquid: H2O.	Dentsply,USA
Tetric N-Ceram Nanohybrid	The filler: Barium glass, ytterbium trifluoride, mixed oxide, silicon dioxide 63.5% by weight. Prepolymers 17%. The resin matrix: Urethane dimethacrylate, Bis-GMA 16.8%, Ethoxylated Bis-EMA 3.8%.	Ivoclar vivadent, Liechtenstein
Tetric N-Bond	Bis-GMA, urethane dimethacrylate, dimethacrylate, hydroxyethyl methacrylate, phosphonic acid acrylate, 80 %wt. Nano-fillers (SiO2). Ethanol.	Ivoclar vivadent, Liechtenstein
N Etch	Phosphoric acid 37%	Ivoclar vivadent,

Information provided by the manufacturers.



الشكل (1) : مقطع ترسيمي يبيّن تطبيق المواد ضمن الحجرة اللبية وإغلاقها بالكمبوزت.

التحليل الإحصائي:

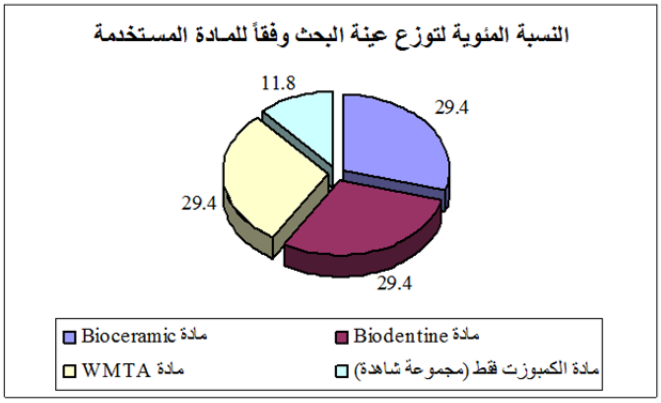
استخدم اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التغير اللوني ΔE بين مجموعات المواد المستخدمة المدروسة (Bioceramic ERRMF,) و Biodentine و WMTA، والكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة)) في عينة البحث، وذلك وفقاً للمدة الزمنية، وأجريت المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق بين كل زوج من المجموعات المدروسة، وأجري اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط قيم التغير اللوني ΔE بين الفترات الزمنية الأربع المدروسة (أسبوعان، وشهر

واحد، وثلاثة أشهر، وستة أشهر) في عينة البحث، بواسطة برنامج SPSS إصدار رقم 16 وبمستوى دلالة 0.05%.

النتائج :

تألفت عينة البحث من 51 سناً أمامية دائمة قلعت لأسباب لثوية قُسِّمت إلى أربع مجموعات رئيسة مختلفة وفقاً للمادة المستخدمة [Bioceramic (ERRMF)، Biodentine، WMTA، الكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة)]، وكان توزع عينة البحث وفقاً للمادة المستخدمة كما هو وارد في المخطط رقم 1.

قيست المعاملات اللونية (L ،a ،b) بواسطة جهاز VITA Easyshade® Advance 4.0 خلال خمس مدد زمنية مختلفة (بعد تطبيق المادة مباشرةً، بعد أسبوعين ، وبعد شهر واحد، وبعد ثلاثة أشهر، وبعد ستة أشهر) لكل سن من الأسنان المدروسة، ثم حسب مقدار التغيّر اللوني ΔE في كل من المدد الزمنية الأربع الأخيرة من خلال برنامج موجود مسبقاً على الجهاز نفسه ،كما في الجدول رقم 2.



المخطط (1): النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً للمادة المستخدمة

الجدول (2): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى للتغير اللوني ΔE في عينة البحث وفقاً للمادة المستخدمة والمدة الزمنية المدروسة.

المتغير المدروس = مقدار التغير اللوني ΔE							
المدةالزمنية المدروسة	المادة المستخدمة	عدد الأسنان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
بعد أسبوعين	مادة Bioceramic	15	2.85	2.03	0.52	0.2	6.2
	مادة Biodentine	15	4.67	2.57	0.66	1.3	9.4
	مادة WMTA	15	10.38	2.97	0.77	5.7	15.6
	مادة الكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة)	6	1.25	0.72	0.30	0.3	2.4
بعد شهر واحد	مادة Bioceramic	15	3.09	1.95	0.50	0.6	6.4
	مادة Biodentine	15	5.34	2.56	0.66	2.2	10.4
	مادة WMTA	15	11.59	3.60	0.93	6.1	18
	مادة الكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة)	6	1.60	0.55	0.23	0.9	2.5
بعد ثلاثة أشهر	مادة Bioceramic	15	3.40	1.94	0.50	0.7	6.5

المتغير المدروس = مقدار التغير اللوني ΔE							
المدةالزمنية المدروسة	المادة المستخدمة	عدد الأسنان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
	مادة Biodentine	15	5.75	2.79	0.72	2.6	11.6
	مادة WMTA	15	11.99	3.95	1.02	6.2	20
	مادة الكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة)	6	1.78	0.55	0.22	1.3	2.8
بعد ستة أشهر	مادة Bioceramic	15	3.59	1.86	0.48	0.8	6.5
	مادة Biodentine	15	5.99	2.88	0.74	2.9	12.4
	مادة WMTA	15	12.54	4.00	1.03	7.2	20.2
	مادة الكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة)	6	2.07	0.63	0.26	1.5	3

يبيّن الجدول (3) أنّ قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 في الفترات الزمنية المدروسة جميعها، أي: انّه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير اللوني ΔE بين اثنتين على الأقل من مجموعات المادة المستخدمة الأربع المدروسة مهما كانت المدة الزمنية المدروسة في عينة البحث.

ولمعرفة أي المجموعات تختلف عن الأخريات جوهرياً في قيم مقدار التغير اللوني ΔE، أجريت المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق بين كل زوج من المجموعات الأربع المدروسة في كل من المدد الزمنية المدروسة. يبّن الجدول رقم 4 أنّ قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في قيم مقدار التغير اللوني ΔE بين مجموعة مادة WMTA وكل من المجموعات الثلاث الباقية (مادة Bioceramic، مادة Biodentine، مادة الكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة)) مهما كانت المدة الزمنية المدروسة، وكذلك عند المقارنة في قيم مقدار التغير اللوني ΔE بين مجموعة مادة Biodentine ومجموعة مادة الكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة) مهما كانت المدة الزمنية المدروسة، أي انّه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير اللوني ΔE بين المجموعات المذكورة في عينة البحث، وبدراسة الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات نستنتج أنّ قيم مقدار التغير اللوني ΔE في مجموعة مادة WMTA كانت أكبر منها في كل من المجموعات الثلاث الباقية (Bioceramic، Biodentine، الكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة)) مهما كانت المدة الزمنية المدروسة، وكذلك نستنتج أن قيم مقدار التغير اللوني ΔE في مجموعة Biodentine كانت أكبر منها في مجموعة الكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة) مهما كانت المدة الزمنية المدروسة.

أمّا بالنسبة الى باقي المقارنات الثنائية المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05، أي انّه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائياً في متوسط مقدار التغير اللوني ΔE بين مجموعات المادة المستخدمة المعنية في كل من المدد الزمنية المدروسة في عينة البحث.

- **دراسة تأثير المدة الزمنية المدروسة في قيم التغير اللوني ΔE وفقاً للمادة المستخدمة:**

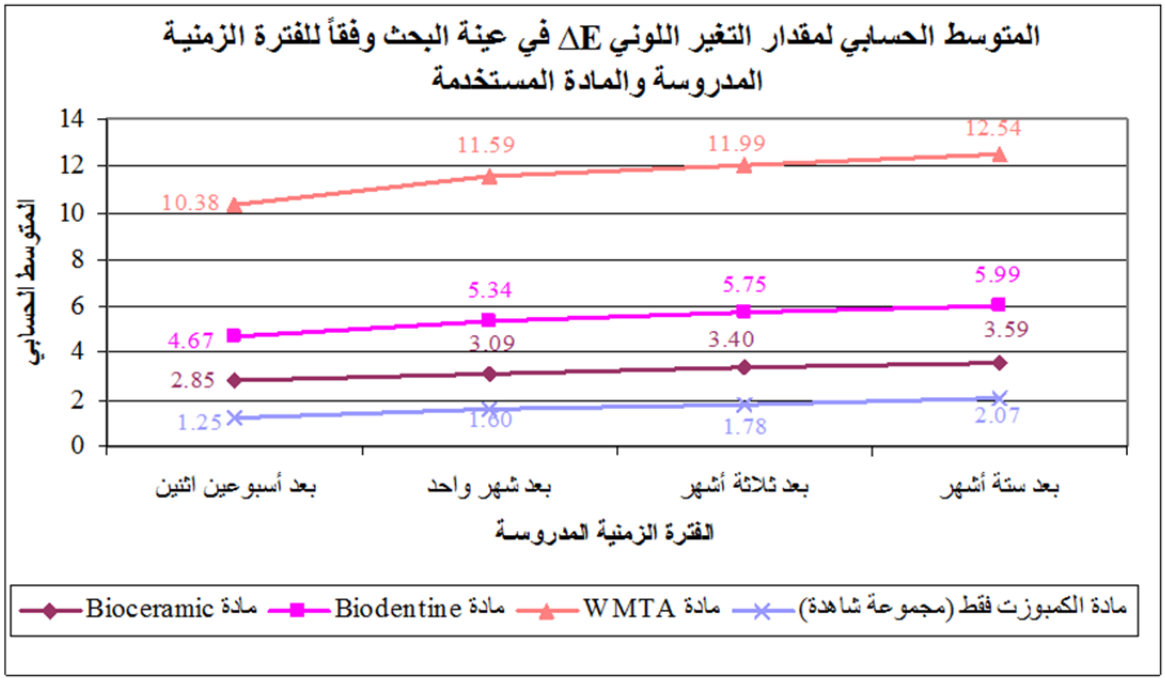
أجري اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط قيم التغير اللوني ΔE بين المدد الزمنية الأربع المدروسة (بعد أسبوعين، بعد شهر واحد، وبعد ثلاثة أشهر، وبعد ستة أشهر) وفقاً للمادة المستخدمة، وجاءت النتائج كما في المخطط (2).

الجدول (3): نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط التغير اللوني ΔE بين مجموعات المواد الأربع المدروسة وفقاً للمدة الزمنية المدروسة

المتغير المدروس = مقدار التغير اللوني ΔE			
الفترة الزمنية المدروسة	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
بعد أسبوعين	32.989	0.000	توجد فروق دالة
بعد شهر واحد	34.269	0.000	توجد فروق دالة
بعد ثلاثة أشهر	30.253	0.000	توجد فروق دالة
بعد ستة أشهر	31.802	0.000	توجد فروق دالة

الجدول (4): نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط التغير اللوني ΔE بين مجموعات المادة المستخدمة الأربع المدروسة في عينة البحث، وذلك وفقاً للمدة الزمنية المدروسة

المتغير المدروس = مقدار التغير اللوني ΔE					
المدة الزمنية المدروسة	المادة المستخدمة (I)	المادة المستخدمة (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
بعد أسبوعين	مادة Bioceramic	مادة Biodentine	-1.83	0.88	0.267	لا توجد فروق دالة
		مادة WMTA	-7.53	0.88	0.000	**توجد فروق دالة**
		مادة الكمبوزت فقط	1.60	1.17	1.000	لا توجد فروق دالة
	مادة Biodentine	مادة WMTA	-5.71	0.88	0.000	**توجد فروق دالة**
		مادة الكمبوزت فقط	3.42	1.17	0.032	**توجد فروق دالة**
	مادة WMTA	مادة الكمبوزت فقط	9.13	1.17	0.000	**توجد فروق دالة**
بعد شهر واحد	مادة Bioceramic	مادة Biodentine	-2.25	0.96	0.143	لا توجد فروق دالة
		مادة WMTA	-8.50	0.96	0.000	**توجد فروق دالة**
		مادة الكمبوزت فقط	1.49	1.28	1.000	لا توجد فروق دالة
	مادة Biodentine	مادة WMTA	-6.25	0.96	0.000	**توجد فروق دالة**
		مادة الكمبوزت فقط	3.74	1.28	0.031	**توجد فروق دالة**
	مادة WMTA	مادة الكمبوزت فقط	9.99	1.28	0.000	**توجد فروق دالة**
بعد ثلاثة أشهر	مادة Bioceramic	مادة Biodentine	-2.35	1.04	0.171	لا توجد فروق دالة
		مادة WMTA	-8.59	1.04	0.000	**توجد فروق دالة**
		مادة الكمبوزت فقط	1.62	1.38	1.000	لا توجد فروق دالة
	مادة Biodentine	مادة WMTA	-6.24	1.04	0.000	**توجد فروق دالة**
		مادة الكمبوزت فقط	3.97	1.38	0.036	**توجد فروق دالة**
	مادة WMTA	مادة الكمبوزت فقط	10.21	1.38	0.000	**توجد فروق دالة**
بعد ستة أشهر	مادة Bioceramic	مادة Biodentine	-2.41	1.05	0.161	لا توجد فروق دالة
		مادة WMTA	-8.95	1.05	0.000	**توجد فروق دالة**
		مادة الكمبوزت فقط	1.52	1.39	1.000	لا توجد فروق دالة
	مادة Biodentine	مادة WMTA	-6.55	1.05	0.000	**توجد فروق دالة**
		مادة الكمبوزت فقط	3.93	1.39	0.042	**توجد فروق دالة**
	مادة WMTA	مادة الكمبوزت فقط	10.47	1.39	0.000	**توجد فروق دالة**



المخطط (2): المتوسط الحسابي لمقدار التغير اللوني ΔE في عينة البحث وفقاً للمدة الزمنية المدروسة والمادة المستخدمة

يبين الجدول (5) أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05 عند المقارنة في قيم التغير اللوني ΔE بين المدتين الزمنيتين (بعد ثلاثة أشهر، بعد ستة أشهر) في مجموعة مادة الكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة) من عينة البحث، أي انّه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط قيم التغير اللوني ΔE بين المدتين الزمنيتين (بعد ثلاثة أشهر، بعد ستة أشهر) في مجموعة مادة الكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة) من عينة البحث.

أمّا بالنسبة الى باقي المقارنات الثنائية المدروسة فيُلاحظ أنّ قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05، أي انّه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط قيم مقدار التغير اللوني ΔE بين المدد الزمنية المعنية في عينة البحث، ونظراً إلى أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات موجبة نستنتج أنّ قيم التغير اللوني ΔE بعد شهر واحد وبعد ثلاثة أشهر وبعد ستة أشهر كانت أكبر منها بعد أسبوعين، ونستنتج أنّ قيم التغير اللوني ΔE بعد ثلاثة أشهر وبعد ستة أشهر كانت أكبر منها بعد شهر واحد مهما كانت المادة المستخدمة، ونستنتج أنّ قيم التغير اللوني ΔE بعد ستة أشهر كانت أكبر منها بعد ثلاثة أشهر في كل مجموعة مادة Bioceramic (ERRMF)، ومجموعة مادة Biodentine، ومجموعة مادة WMTA على حدة.

الجدول (5): نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط قيم التغير اللوني ΔE بين المدد الزمنية الأربع المدروسة في عينة البحث وفقاً للمادة المستخدمة

المادة المستخدمة	المقارنة في القيم بين الفترتين:	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مادة Bioceramic	بعد شهر واحد – بعد أسبوعين	0.24	4.505	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد ثلاثة أشهر – بعد أسبوعين	0.55	4.901	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد ستة أشهر – بعد أسبوعين	0.74	5.703	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد ثلاثة أشهر – بعد شهر واحد	0.31	3.787	14	0.002	**توجد فروق دالة**
	بعد ستة أشهر – بعد شهر واحد	0.50	4.820	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد ستة أشهر – بعد ثلاثة أشهر	0.19	3.443	14	0.004	**توجد فروق دالة**
مادة Biodentine	بعد شهر واحد – بعد أسبوعين	0.67	7.752	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد ثلاثة أشهر – بعد أسبوعين	1.08	8.409	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد ستة أشهر – بعد أسبوعين	1.32	8.638	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد ثلاثة أشهر – بعد شهر واحد	0.41	3.852	14	0.002	**توجد فروق دالة**
	بعد ستة أشهر – بعد شهر واحد	0.65	4.759	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد ستة أشهر – بعد ثلاثة أشهر	0.24	3.759	14	0.002	**توجد فروق دالة**
مادة WMTA	بعد شهر واحد – بعد أسبوعين	1.21	4.968	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد ثلاثة أشهر – بعد أسبوعين	1.61	4.949	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد ستة أشهر – بعد أسبوعين	2.16	6.132	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد ثلاثة أشهر – بعد شهر واحد	0.41	3.019	14	0.009	**توجد فروق دالة**
	بعد ستة أشهر – بعد شهر واحد	0.95	4.910	14	0.000	**توجد فروق دالة**
	بعد ستة أشهر – بعد ثلاثة أشهر	0.55	3.885	14	0.002	**توجد فروق دالة**
مادة الكمبوزت فقط (مجموعة شاهدة)	بعد شهر واحد – بعد أسبوعين	0.35	2.621	5	0.047	**توجد فروق دالة**
	بعد ثلاثة أشهر – بعد أسبوعين	0.53	3.366	5	0.020	**توجد فروق دالة**
	بعد ستة أشهر – بعد أسبوعين	0.82	5.832	5	0.002	**توجد فروق دالة**
	بعد ثلاثة أشهر – بعد شهر واحد	0.18	2.607	5	0.048	**توجد فروق دالة**
	بعد ستة أشهر – بعد شهر واحد	0.47	3.883	5	0.012	**توجد فروق دالة**
	بعد ستة أشهر – بعد ثلاثة أشهر	0.28	2.177	5	0.081	لا توجد فروق دالة

المناقشة:

تُعَدُّ المحافظة على حيوية اللب أحد أهداف المداواة الترميمية، ومن ثمّ التقليل من الحاجة لإجراء المعالجة اللبية؛ ومن الطرائق المستخدمة لتحقيق هذا الهدف التغطية اللبية من خلال تطبيق مواد ذات تقبل حيوي ومحفزة حيوياً على اللب المكشوف للحفاظ على حيويته وحثّه على تشكيل الجسر العاجي[19]، ومن الصفات الأساسية لهذه المواد تلاؤمها الحيوي لأنها ستكون على تماس مباشر مع اللب خلال مدد طويلة؛ إذ ينجز إجراء التغطية اللبية المباشرة للمحافظة على حيوية اللب المكشوف وفعاليته الحيوية والوظيفية؛ ويهدف تطبيق مواد التغطية بشكل أساسي الى حثّ الخلايا اللبية لتشكيل الجسر العاجي[5].

لم تجر الحفرة من السطح اللساني بل طبقت المادة عن طريق الحفرة الراجعة للتقليل من تأثير المادة المرممة أو التسرب الحفافي في التغير اللوني للعينة [20]. وجفّفت السن قبل تسجيل التغير اللوني بواسطة قطعة من الشاش، وكذلك أنجز بسرعة، لمنع تأثير التغير اللوني التالي لجفاف السن. وأجري الغسل الجيد بعد تطبيق هيبوكلوريد الصوديوم خشية تأثير بقاياه في التغير اللوني، وقد ذكر Camilleri في دراسته عام 2014 أنّ بقاء مادة NaOCl ضمن القنيات

العاجية قد يزيد من التغير اللوني الحاصل لدى تماسه مع مادة MTA [21].

هناك طريقتان لقياس اللون، الأولى ذاتية Subjective وذلك باستخدام الدليل اللوني بأشكاله المختلفة، وتتعرض عملية قياس اللون بهذه الطريقة إلى عدة متغيرات يمكن أن تؤثر في النتيجة، كالإضاءة، وزاوية النظر إلى السن أو الدرجة اللونية المستخدمة، والبيئة المحيطة من ثياب ومعدلات لونية طبيعية والتحولية Metamerism وتعب عين الفاحص وما إلى ذلك؛ والأخرى موضوعية Objective باستخدام أجهزة قياس اللون الرقمية المختلفة[22]. وقد ظهرت هذه الأجهزة للتغلب على الصعوبات المرافقة لعملية قياس اللون بواسطة الطريقة التقليدية، ومنها أجهزة قياس الطيف الرقمية Spectrophotometers و Colorimeters التي أعطت نتائج دقيقة بطريقة سهلة ومريحة، من خلال قياس كمية الضوء المنعكس عن السن؛ ذُكِرَ أن دقة قياس اللون بواسطتها كانت أكبر بنسبة 33%، وأكثر موضوعية في 93% من الحالات [23،24]، إذ قارن الباحث Kim-Pusateri عام 2009 بين أربعة من أجهزة قياس الطيف الرقمية وهي (SpectroShade, ShadeVision, VITA Easyshade, ShadeScan) مع ثلاثة من الأدلة اللونية شائعة الاستعمال Vitapan Classical, Vitapan 3-D Master, Chromascop، بعد وضع هذه الأدلة في قالب بلون اللثة لمحاكاة الواقع السريري من خلال قياسات متعددة للون[23].

أمّا الباحث Lehmann عام 2011 فقد وجد من خلال قياس الدرجة اللونية 15 مرة لأسنان أمامية علوية عند 15 مريضاً من قبل باحث واحد باستخدام ثلاثة أجهزة رقمية وهي: (VITA Easyshade compact, DeguDent Shadepilot, X-Rite ShadeVision)، حسبت الفروق اللونية ΔE بين القياسات لتقييم موثوقية هذه الأجهزة، وأكد من خلال نتائجه أن دقة اختيار اللون تزداد باستخدام الجهاز نفسه عند قياس اللون[24].

وفي دراسة أجريت مؤخراً وجد الباحث Knezović عام 2015 أنّ قياس اللون بواسطة جهاز ®VITA Easyshade Advance 4.0 وهو الجهاز الذي استخدم في الدراسة الحالية، قد أعطى نتائج ذات مصداقية عالية وعدَّه جهازاً مهماً يمكن الاعتماد عليه في تحديد الدرجات اللونية للأسنان[25]. كما قدّر الباحث Zenthöfer عام 2014 دور جهاز ®VITA Easyshade وعدَّ استخدامه ضرورياً وخاصة في تقييم التغير اللوني مع الوقت [26]. وهذا ما أكده الباحث Lenherr عام 2012 أيضاً [18].

أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود فروق مهمة إحصائياً بين المواد المدروسة، وكان التغير اللوني في مجموعة WMTA هو الأكبر. ويمكن أن يعود التغير اللوني الحاصل إلى أسباب عدة [7,27]، اذ اقتُرِحَ أن وجود أكسيد البزموت Bismuth Oxide في تركيبها الذي يضاف لجعل المادة ظليلة شعاعياً هو العامل المسبب [2,28,29]. وقد يعود ذلك إلى وجود أكاسيد الحديد FeO أو الألمنيوم Al2O3 أو المغنزيوم MgO [30]، فمع أن تراكيز هذه الأكاسيد قلّلت في مادة MTA البيضاء بالمقارنة بالرمادية إلاّ أنها مازالت موجودة ضمن مسحوق المادة البيضاء [31]. وأشير إلى إمكانية تأثير عوامل مختلفة منها التعرض للإضاءة بواسطة جهاز التصليب أو المصادر الضوئية الأخرى Fluorescent Lamp في بيئة خالية من الأكسجين [32]؛ وكذلك وجود الدم أو اللعاب في الوسط المحيط في أثناء تصلب المادة، مّما يزيد من حدوث التغير اللوني التالي لتطبيق WMTA [18]، لذلك استخدم هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl لإزالة بقايا اللب السني وتجنب حدوث أي تلون بسببها [18,27].

عندما يتعرض أكسيد البزموت Bi2O3 للحرارة العالية في وسط خالٍ من الأكسجين، يتفكك إلى معدن البزموت والأكسجين [33]، وتشكل ذرات البزموت بلورات تؤدي إلى ظهور اللون الداكن على السن [33,34].

وقد لاحظ الباحث Marciano في دراسته عام 2014 عن التغير اللوني لأسنان حضّرت حفر فيها ثم مُلِئت بمادة WMTA وختمت بالكمبوزت، أنّ التغير اللوني بسبب WMTA كان مركَّزاً في المنطقة القريبة من السطح البيني المشترك بين المادة WMTA والعاج، في حين لم يطرأ أي تغير لوني على مادة WMTA عند السطح البيني المشترك مع الكمبوزت، الأمر الذي افترض على أساسه أنّ الحموض الأمينية الموجودة في الكولاجين العاجي تفكك جزيئات البزموت، مّما يؤدي الى حدوث التلون التالي [2]، أو يمكن أن يؤدي تأكسد أكسيد البزموت إلى تفكك الأكسجين الذي يتفاعل مع ثاني أكسيد الكربون فينتج كربونات البزموت Bismuth Carbonate التي تسبب التلون [29,30].

كان التغير اللوني لمجموعتي Biodentine وERRMF أقل منه في مجموعة WMTA، ويمكن أن يعود ذلك إلى احتوائهما على أكسيد الزركون كمادة ظليلة الذي يبدي استقراراً لونياً أكبر [2,21,30]. اذ لاحظ الباحث Marciano عام 2014 عدم حدوث تلون بعد تطبيق أكسيد الزركون ZrO2 على تماس مع العاج، مّما يفسر التلون التالي الأقل لدى تطبيق مادة Biodentine بالمقارنة مع WMTA [2]، ويجدر بالذكر أنّ ZrO2 حقّق ظلالية شعاعية جيدة ولم يكن له تأثير سلبي في تفاعل إسمنت البورتلاند [35].

انسجمت هذه النتيجة مع نتائج الباحث Shokouhinejad عام 2016 [12]؛ كما توافقت نتيجة كون التغير اللوني لمجموعة Biodentine أقل منه في مجموعة WMTA مع الباحث Valles عام 2013 [32]. وتوافقت الدراسة الحالية مع دراسة الباحث Alsubait عام 2017 الذي وجد أنّ التغير اللوني لمادة ERRMF كان أقل منه في مجموعة MTA [20]. واتفقت النتيجة مع دراسة الباحث Rouhani عام 2016 الذي لاحظ أنّ مادة WMTA أبدت تلوناً أكبر من مادة CEM cement الحاوية على أكسيد الزركون كبديل عن أكسيد البزموت كمادة ظليلة [9]. لكن تعارضت نتائج الدراسة الحالية مع دراسة الباحث Beatty عام 2015 الذي لاحظ أن التغير اللوني في مجموعتي Biodentine وERRM كان أكبر منه بشكل مهم من مجموعة WMTA بعد 8 أسابيع، ولم تبدِ المادتان فروقاً مهمة بينهما [17]، ويمكن أن يعود سبب الاختلاف إلى الفروق في شروط التجربة، فالباحث في دراسته لم يعرِّض العينات إلى الضوء إلاّ في أثناء عملية قياس اللون، فضلاً عن استخدام أسنان البشر في الدراسة الحالية، في حين استخدم الباحث أسنان البقر Bovine Teeth، وهي ليست مناسبة دوماً كبديل عن أسنان البشر [36].

لوحظ في الدراسة الحالية أنّ معدل التغير اللوني كان أكبر في مجموعة Biodentine بالمقارنة بمجموعة Bioceramic (ERRMF) ولكن بفارق غير مهم، ويمكن أن يعزا ذلك إلى وجود أكسيد الحديد FeO، الذي وجد أن له دوراً في حدوث التلون في مادة MTA [30]. ومن المواد الأخرى التي يفترض أنّها قللت من التغير اللوني أكسيد التنتالوم Tantalum Oxide ،وهي من المواد التي تدخل في تركيب ERRM [12]. وقد لوحظ حدوث التغير اللوني في المجموعات المدروسة جميعها بعد أسبوعين، وازداد هذا التغير مع الوقت حتى نهاية مدة المتابعة، أي بعد ستة أشهر من تطبيق المواد، باستثناء المجموعة الشاهدة.

بيّنت الدراسة الحالية أنّ معدل التغير اللوني الملاحظ في مجموعة ERRMF ضمن المدى المقبول سريرياً الذي حُدِّد بـ 3.7 [8,37]، إذ سجل هذا التغير قيمة 2.85 بعد أسبوعين وقيمة 3.59 بعد ستة أشهر، وأظهرت ثباتاً لونياً جيداً خلال

المدة المدروسة. أمّا في مجموعة Biodentine فكانت قيمة التغير 4.67 بعد أسبوعين و5.99 بعد ستة أشهر، وفي مجموعة WMTA بلغت القيمة 10.38 بعد أسبوعين و12.54 بعد ستة أشهر، وقد تجاوز المدى المقبول سريرياً في كلتا المجموعتين. وتوافقت الدراسة الحالية مع نتائج الباحث Alsubait عام 2017 الذي وجد أنّ التغير اللوني لمادة (ERRMF) ضمن المدى المقبول سريرياً إذ بلغ 2.04 بعد 16 أسبوعاً، في حين لاحظ أنّ قيمته وصلت إلى 5.97 لمادة MTA [20].

يمكن لنتائج هذه الدراسة أن تساعد الممارسين في اختيار مادة التغطية اللبية المناسبة ولكن نظراً الى أنّها مخبرية يمكن إجراء دراسات سريرية على أسنان معدة للقلع لتحري الثبات اللوني لهذه المواد.

استخدمت الأسنان المقلوعة لمحاكاة الواقع السريري، واختيرت الأسنان سليمة لتجنب تأثير النخر أو المادة المرممة في نتائج قياس اللون، وتم الابتعاد عن إجراء الحفرة من السطح اللساني للأسباب نفسها. وحفظت في وسط رطب من الماء المقطر طوال مدة الدراسة لتجنب أي تغير في اللون ناجم عن الجفاف. واقتصرت العينة على الأسنان الأمامية فقط، لأنّ الأسنان الخلفية أقل أهمية من حيث الناحية الجمالية، ومن جهة أخرى بسبب اختلاف ثخانات الميناء والعاج بين الأسنان الأمامية والخلفية.

ومن محدوديات الدراسة أيضاً أنّ العمر والمصدر الدقيق للأسنان المقلوعة غير معروف، لأنّ للعمر تأثيراً في الخصائص البصرية لكل من الميناء والعاج ومن ثمّ لون السن، ولكن بذلت الجهود لتأمين وسط متشابه للأسنان المقلوعة، وأن تكون الأسباب اللثوية سبب القلع، وكذلك استخدامها خلال مدة لا تتجاوز 6 أشهر بعد القلع التزاماً بمعايير الايزو ISO المحددة لشروط حفظ الأسنان من أجل إجراء الاختبارات [38،39].

الاستنتاجات:

يمكن في حدود الدراسة المخبرية الحالية عن التغير اللوني التالي لتطبيق المواد المستخدمة في التغطية اللبية استنتاج ما يأتي:

- حقّقت المادة المدروسة Bioceramic (ERRMF) استقراراً لونياً أكبر بفارق مهم بالمقارنة بمادتي Biodentine وWMTA، وضمن المدى المقبول سريرياً خلال مدة الدراسة التي وصلت إلى ستة أشهر، ويمكن أن تكون بديلاً لهما خاصة في المنطقة التجميلية.
- كان التغير اللوني التالي لتطبيق مادة Biodentine أقل بفارق مهم إحصائياً عن مادة WMTA.
- كانت قيمة التغير اللوني الأكبر لمادة MTA البيضاء بفارق مهم عن المواد المدروسة الأخرى، لذا يجب استخدامها بحذر في المناطق التجميلية.

References المراجع

1. Hilton TJ. Keys to Clinical Success with Pulp Capping: A Review of the Literature, Oper Dent. 2009 ; 34(5): 615–625.
2. Marciano M.A, Costa R.M, Camilleri J., *et al.* Assessment of color stability of white mineral trioxide aggregate Angelus and bismuth oxide in contact with tooth structure. J Endod 2014;40:1235–40.
3. Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: A comprehensive literature review—Part II: leakage and biocompatibility investigations. J Endod. 2010; 36:190-202.
4. Farsi N, Alamoudi N, Balto Kh, Al Mushayt A. Clinical Assessment of Mineral Trioxide Aggregate (MTA) as Direct Pulp Capping in Young Permanent Teeth. The Journal of Pediatric Dentistry, 2006; 31(2): 72-76.
5. T´ecl`es O., Laurent P, Aubut V, and About I. Human tooth culture: a study model for reparative dentinogenesis and direct pulp capping materials biocompatibility. Journal of Biomedical Materials Research B: Applied Biomaterials, 2008; 85(1):180–187.
6. Ber B.S., Hatton J.F., Stewart G.P. Chemical modification of ProRoot MTA to improve handling characteristics and decrease setting time. J Endod 2007;33(10):1231–4.
7. Akbari M. R.A, Samiee S., Jafarzadeh H. Effect of dentin bonding agent on the prevention of tooth discoloration produced by mineral trioxide aggregate. Int J Dent. 2012;2012(2012):563203.
8. Kohli M.R Y.M, Setzer F.C, Karabucak B. Spectrophotometric Analysis of Coronal Tooth Discoloration Induced by Various Bioceramic Cements and Other Endodontic Materials. J Endod. 2015;41(11):1862-6.
9. Rouhani A., Akbari M., Farhadi-faz A. Comparison of Tooth Discoloration Induced by Calcium- Enriched Mixture and Mineral Trioxide Aggregate. Iranian Endodontic Journal 2016;11(3): 175-178.
10. Laurent P., Camps J., About I. Biodentine induces TGF-beta1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. Int Endod J 2012;45: 439–48.
11. Ma J., Shen Y., Stojicic S., Haapasalo M. Biocompatibility of two novel root repair materials. J Endod 2011;37:793–8.
12. Shokouhinejad N., Nekoofar M.H., Razmi H. *et al*. Bioactivity of endosequence root repair material and bioaggregate. Int Endod J 2012;45(12):1127–34.
13. Nair U., Ghattas S., Saber M, *et al.* A comparative evaluation of the sealing ability of 2 root-end filling materials: an in vitro leakage study using Enterococcus faecalis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontol 2011;112(2): e74–7.
14. Walsh R.M., Woodmansey K.F., Glickman G.N., He J. Evaluation of compressive strength of hydraulic silicatebased root-end filling materials. J Endod 2014;40(7):969–72.
15. Lovato K.F., Sedgley C.M. Antibacterial activity of endosequence root repair material and ProRoot MTA against clinical isolates of Enterococcus faecalis. J Endod 2011;37(11):1542–6.
16. Hansen S.W., Marshall JG, Sedgley CM. Comparison of intracanal EndoSequence Root Repair Material and ProRoot MTA to induce pH changes in simulated root resorption defects over 4 weeks in matched pairs of human teeth. J Endod 2011;37:502–6.
17. Beatty H., Svec T. Quantifying coronal tooth discoloration caused by biodentine and endosequence root repair material. J Endod 2015;41(12):2036–9.
18. Lenherr P., Allgayer N., Weiger R. *et al.* Tooth discoloration induced by endodontic materials: a laboratory study. Int Endod J 2012;45:942–9.
19. Accorinte MDLR, Holland R., Reis A. *et al.* Evaluation of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide cement as pulp-capping agents in human teeth. J Endod, 2008; 34, (1):1–6.
20. Alsubait S., Al-Haidar S., Al-Sharyan N. A Comparison of the Discoloration Potential for EndoSequence Bioceramic Root Repair Material Fast Set Putty and ProRoot MTA in Human Teeth: An In Vitro Study. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 2017; 29(1):59-67.
21. Camilleri J. Color stability of white mineral trioxide aggregate in contact with hypochlorite solution. J Endod 2014;40(3):436–40.
22. Chu S.J., Trushkowsky R.D., Paravina R.D. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. J Dent. 2010;38 Suppl 2:e2-16.
23. Kim-Pusateri S., Brewer J.D., Davis E.L., Wee A.G. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. J Prosthet Dent. 2009;101(3):193-9.

24. Lehmann K.M., Devigus A., Igiel C., Wentaschek S, Azar MS, Scheller H. Repeatability of color-measuring devices. Eur J Esthet Dent. 2011;6(4):428-35.
25. Knezović Zlatarić D., Illeš D., Alajbeg I., Žagar M. In Vivo and in Vitro Evaluations of Repeatability and Accuracy of VITA Easyshade® Advance 4.0 Dental Shade-Matching Device. Acta stomatol Croat. 2015;49(2):112-118.
26. Zenthöfer A., Cabrera T., Corcodel N., Rammelsberg P, Hassel AJ. Comparison of the Easyshade Compact and Advance in vitro and in vivo. Clin Oral Investig. 2014;18(5):1473-9.
27. Felman D., Parashos P. Coronal tooth discoloration and white mineral trioxide aggregate. J Endod 2013;39:484–7.
28. Steffen R., van Waes H. Understanding mineral trioxide aggregate/Portland-cement: a review of literature and background factors. Eur Arch Paediatr Dent 2009;10:93–7.
29. Vall-es M, Mercad_, M., Duran-Sindreu F., *et al.* Influence of light and oxygen on the color stability of five calcium silicate–based materials. J Endod 2013;39:525–8.
30. Kang S.H., Shin Y.S., Lee H.S., *et al.* Color changes of teeth after treatment with various mineral trioxide aggregate–based materials: an ex vivo study. J Endod. 2015;41: 737–41.
31. Asgary S., Parirokh M., Eghbal M.J., Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. J Endod. 2005;31(2):101-3.
32. Valles M., Mercade M., Duran-Sindreu F. *et al.* Color stability of white mineral trioxide aggregate. Clin Oral Investig 2013;17:1155–9.
33. Sanz O., Haro-Poniatowski E., Gonzalo J., Navarro J.F. Influence of the melting conditions of heavy metal oxide glasses containing bismuth oxide on their optical absorption. J Non Cryst Solids 2006;352:761–8.
34. Zhang Y., Yang Y., Zheng J. *et al.* Effects of oxidizing additives on optical properties of Bi2O3-B2O3-SiO2 glasses. J Am Ceram Soc 2008;91:3410–2.
35. Camilleri J., Cutajar A., Mallia B. Hydration characteristics of zirconium oxide replaced Portland cement for use as a root end filling material. Dent Mater 2011;27:845‑54.
36. Wang C., Li Y., Wang X., *et al*. The enamel microstructures of bovine mandibular incisors. Anat Rec (Hoboken) 2012;295:1698–706.
37. Ioannidis K., Mistakidis I., Beltes P., Karagiannis V. Spectrophotometric analysis of crown discoloration induced by MTA-and ZnOE-based sealers. J Appl Oral Sci 2013;21(2):13844.
38. ISO/TS 11405:2003 dental materials Testing of Adhesion to tooth structures. Second edition, 2003.
39. Dino R., Augusti D., Amatu S. *et al*. In vitro bonding to Nd-YAG laser treatment dentine, J Oral laser application, 2004;4:83-88.

تاريخ ورود البحث 2017/07/03.
تاريخ قبوله للنشر 2017/09/28.